

ISSN 1512-3936

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მშენებლობის პროექტირების და  
ექსპერტიზის ცენტრი

მშენებლობა

№4(39) 2015

სამეცნიერო-ტექნიკური  
ქრონიკა



თბილისი 2015

შ ე ნ ე ბ ლ ო ბ ა

*მთავარი რედაქტორი – მალხაზ წიქარიშვილი*

*მთავარი რედაქტორის*

*მოადგილეები – გელა ყიფიანი  
როინ იმედაძე*

*დამფუძნებელი  
გიორგი ლაღუნდარიძე*

*სამეცნიერო-სარედაქციო კოლეგიის წევრები:*

ბაციკაძე თამაზი, გურგენიძე დავითი, დანელია დემური, დრაშკოვიჩი ფერდინანდი (სლოვაკეთი), კვიციანი ტარიელი, კოლუა ნოდარი, კლიმიაშვილი ლევანი, კუბლაშვილი მურმანი, კუბესკოვა დარია (ჩეხეთი), მახვილაძე რევაზი, მეძმარიაშვილი ელგუჯა, მიაჩენკოვი ვლადიმერი (რუსეთი), მშვენიერაძე ინგუშა, ნადირაძე ანზორი, რაიჩიკი იაროსლავი (პოლონეთი), რეკვავა პაატა, რიპი იანი (პოლანდია), სოხაძე აგული, ფრანგიშვილი არჩილი, ჩერნოგოლოვი იგორი (რუსეთი), ჩიხლაძე ვლადიმერი, ჩიქოვანი არჩილი, ციხელაშვილი ზაური, ცხვედაძე რევაზი, ჭოხონელიძე გუგა, ხაზარაძე ომარი, ხმელიძე თამაზი, ჯავახიშვილი მარინა.

*პასუხისმგებელი მდივანი: თინათინ მაღრაძე*

*საკონტაქტო ტელ. 65-93; 599-478422*

*E-mail: [tinmag@mail.ru](mailto:tinmag@mail.ru)*

*ვებ-გვერდი: [www.sheneba.ge](http://www.sheneba.ge)*

*კომპიუტერული და გრაფიკული უზრუნველყოფა*

*ლიკა ლაღუნდარიძე*

: . .  
 .  
 : . . ;  
 : . .  
 - ; . .  
 . . , . ; . . ; . ( ); . .  
 ; . . ; . . ; . . ; . . ; .  
 . . Кубескова Д. (Чешская республика); ; . . ; . .  
 ; . . ( ); . . ; . . ; . .  
 ( ); ( ); . . ; . . ; . .  
 ( ); . . ; . . ; . . ; . .  
 ; . . ; . . , . . .  
 : . .  
 : 65-93; 599 478422  
 E-mail: [tinmag@mail.ru](mailto:tinmag@mail.ru)  
 - : [www.sheneba.ge](http://www.sheneba.ge)  
 :  
 . .

## **BUILDING**

**EDITOR-IN-CHIEF:** M. Tsikarishvili

**DEPUTY EDITORS**

**IN-CHIEF:** G. Kipiani;

R. Imedadze

**CONSTITUTIVE:**

G. Lagundaridze

**MEMBERS OF SCIENTIFIC-EDITORIAL BOARD:**

T. Batsikadze; Chernogolov (Russia); V. Chikladze; A. Chikovani; G. Chokhoniidze;  
 D. Gurgeniidze; D. Danelia; F. Drashkovich; M. Javakhishvili; T. Kvitsiani; O.  
 Khazaradze, T. Khmelidze; N. Kodua; L. Klimiashvili; M. Kublashvili; D. Kubeskova  
 (Czech Republic); R. Makhviladze; E. Medzmariashvili; V. Miachenkov (Russia); I.  
 Mshvenieradze; A. Nadiradze; A. Prangishvili; Y. Raichik (Poland); A. Sokhadze; J.  
 Rip (Nederland); P. Rekvava; Z. Tsikhelashvili; R. Tskhvedadze.

Responsible secretary T. Magradze

Tel: 65-93; 599 478422

E-mail: [tinmag@mail.ru](mailto:tinmag@mail.ru)

Web-site: [www.sheneba.ge](http://www.sheneba.ge)

Computer and Program providing:

L. Lagundaridze

# შინაარსი

.....	6
ა. ფრანგიშვილი, ზ. ციხელაშვილი, ი. ქაღარია, ნ. ჩხეიძე, პ. გიორგაძე სანაპირო-რეკრეაციული ზოლის ნაპირდამცავი მოტივტივე-შტორმშემარბილებელი ჰიდროტექნიკური ნაბეობა .....	15
შ. ბაქანიძე, ბ. სურგულაძე, კ. იაშვილი. ტრადიციული მუშაობისა და ინოვაციური საჭრდენი კედლების ოპტიმალური ტექნოლოგიური გადაწყვეტა.....	21
მ. გრძელიშვილი, თ. გიორგობიანი, ა. კოპალიანი. ბარემო ჰაერის გამოყვანება შენობათა ბასთბოგად .....	26
ლ. კახიანი, ლ. ბალანჩივაძე, კ. იაშვილი. რბორ ბანახანბრძლივით რკინაბეტონის ელემენტებისაგან აგებული შენობა-ნაბეობების გზარმდებობა და სამსპლშატაციო ვადები .....	31
.....	32
ა. ლაღიძე თბილისის გამწვანებისა და რეკრეაციული ლანდშაფტების დაცვა-ბანვითარების საკანონმდებლო ბაზა .....	34
რ. ცხეველაძე, ზ. მაძალუა, დ. ტაბატაძე, დ. ჯანყარაშვილი. ხიდისებური ნაბეობის ბანახარმშება ბეტონის ცოცვადობის დეფორმაციების ბათვალისწინებით .....	39
მ. მონწარაფიშვილი, ლ. ანდლულაძე. ბარე სამყაროს ბავლენა სარკინიბზო ტრანსპორტის შესაფრთხომო მოძრაობაზე .....	44
რ. იმედაძე, თ. მაღრაძე. წყალსაცავების დავუჭყინებისაგან დაცვის პრობლემები .....	48
ხ. ირემაშვილი <sup>1</sup> , გ. ბერძენაშვილი <sup>1</sup> , გ. ჯინჯიხაშვილი <sup>2</sup> . რთული რელიეფის მძონე წყალსაცავში დვარცოვის შემოღინებით გამოწვეული ტალღაწარმოქმნის პროცესის ერთბანზომილებიანი (1D) რიცხვითი მოდელირება.....	51
ი. ძვარკია <sup>1</sup> , თ. დვლიშვილი <sup>2</sup> , შ. ყანაშვილი <sup>1</sup> . მარტივი მოძრავი კვანძების მოწყობა რკინაბეტონის საყალიბე სისტემების აბებისას .....	54
ე. აბრამიძე, ელ. აბრამიძე, ა. კუბლაშვილი, ვ. ჭანკოტაძე. ბანსხვამებული არაწრფივი თეორიების საფუძველზე შენობანი ბარსების დეფორმაციის ამოცანების რიცხვითი ამოხსნა .....	57
<b>G. Devdariani. EQUILIBRIUM EQUATION FOR SHARPENED PRISMATIC SHELL WITH NONSMOOTH COEFFICIENTS .....</b>	<b>62</b>
გ. ჭოხონელიძე, ი. მშვიდლობაძე, გ. ლუტიძე. ბრუნტის პირობითი წინაღობის $R_0$ ბანსაზღვრა სიმტცივის მაჩვენებლების მიხედვით .....	67
თ. პაპუაშვილი, მ. სულამანიძე. მსპლშატაციის რეალურ პირობებში ასვალტბეტონის საფარების დალლილობითი ხანმდებობის შეფასება .....	70
*, **	
.....	74
ნ. მურღულია, ბ. ჭურჭელაური, ზ. ჭურჭელაური. ატმოსფერული ნალექების ბავლენა არსებულ ანაკრებ კონსტრუქციებზე .....	79
მ. ჭანტურია, გ. ნოზაძე. დუნვაზე მომწვავე შედგენილი კვითის კონსტრუქციების ხანბრძლივ დეფორმაციებზე ბანახარმშება .....	87

-

«

»

ნ. ლაღიძე. აღმოსავლეთ საქართველოს მთიანი რეგიონების უმრავლესობის სოციალურ-ეკონომიკური კვლევა .....	90
შ. ბაქანიძე, ბ. სურგულაძე, კ. იაშვილი. ბუნებრივი კალთების მდგრადობის უზრუნველყოფა ბრუნტულანკეობიანი რკინაგზების საყრდენი კედლებით.....	96
ლ. ბაღაჩიანი, ბ. მეხალიაშვილი. ანაკლია – ახალი მიმართულება წყალზე განთავსებული შენობა-ნაგებობების დასაპროექტებლად .....	102
ე. წიგნაძე. ჩაის მასის მოძრაობის პროცესის კვლევა .....	106
ბ. წულუკიძე, მ. ბრძოლიანი, ბ. ზურაბიანი. მეტროპოლიტენის დიდი ჩაღრმავების ერთთაღიანი საღებურები .....	109
თ. პაპუაშვილი, გ. ჯღამაია, გ. ჩუბინიძე. საბზაო სამოსის კონსტრუქციის გაძლიერება ცივი რეციკლირების მეთოდით .....	115
ზ. კვიციანი, თ. ტაბატაძე. შრატალური არქიტექტურის პროექტირების საკითხები .....	121
ი. შვინციანი. მშენებლობის პროცესში წარმოშობილი ბრუნტის გამაგრების პრობლემების ტექნოლოგიური გადაწყვეტა .....	126
ა. ახვლედიანი, ა. გობოლაძე, ბ. ახვლედიანი. თანამედროვე ქარის ენერგეტიკის ტექნოლოგიური დონე. ....	129
ა. საყვარელიძე. ცემენტის ფუძიანი კომპოზიტების კვლევის და დეფორმაციებს შორის დამოკიდებულების, სხვადასხვა ცოცხლობის ბირთვები და მათ შორის კავშირების გამოსახულებების დადაბენა .....	132
მ. ჯანთაძე, ნ. ხომერიკი. ვანტური ხიდის სისტემის კოჭის ბანაბარიშება ვანტის დამყოლობის ბათვალისწინებით .....	136
ბ. ბერკენაშვილი <sup>1</sup> ს. ირემაშვილი <sup>1</sup> ბ. ჯინჯისაშვილი <sup>2</sup> . დახრილი ფსკერის მქონე სამთო ღრმა წყალსაცავში დვარცოვის შემოღინების ორბანომილებიანი (2D) რიცხვითი მოდელირება .....	140
ახალი ტექნოლოგიები. ა.ჩიქოვანი. ბეტონის ბიოლოგიური კოროზია.....	146
გახსენება .....	143
SUMMARIES.....	144

-

«

»

«

»

—

. . . . . , . . . . .

. . . . . PhD., « . . . . . »; . . . . .  
« . . . . . »; . . . . .  
. . . . . „ . . . . . “ . . . . .  
. . . . . „ . . . . . “ . . . . .

: . . . . . , . . . . .  
-  $\beta$  . . . . . , . . . . .

- . . . . . , . . . . .  
: . . . . . , . . . . .  
, . . . . . , . . . . .

**1.**

, . . . . . , . . . . .  
, . . . . . , . . . . .  
. . . . . - . . . . .

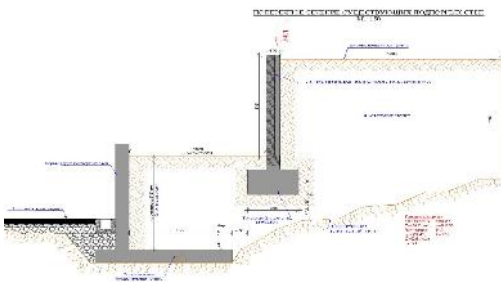
12-15%). ( . . . . . )  
( . . . . . 1,2, 3).

Основная часть с описанием существующих решений возникших проблем и новых технических решений

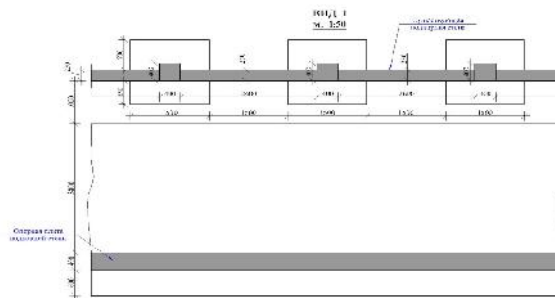
8 .  $L=3.0$   $H =4.0$   $t=0.5$   $L=3.0$   $t=0.5$   $1.5 \times 1.5$  ,  $t=0.5$  [1].

1. ( ) ;
2. [2,3,4-8].

( . 1).



. 1.



. 2.



3.

-

«

»



4.

(

).



5.

(

).



6.

(

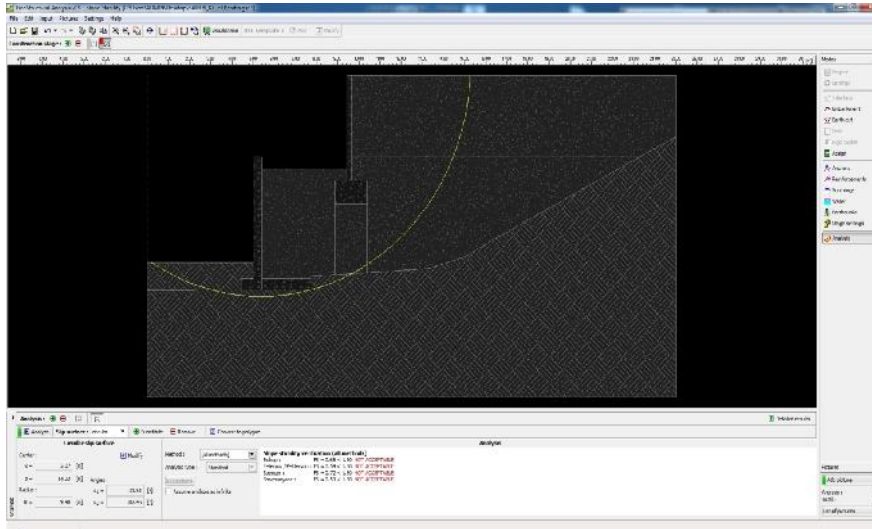
).



-

«

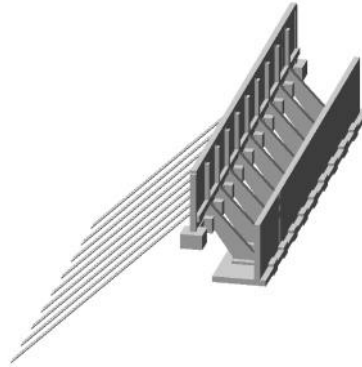
»



.7.

[9].

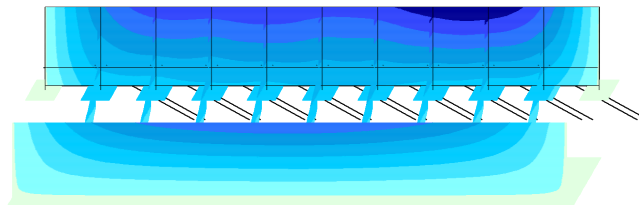
3 4



.8.



2015»

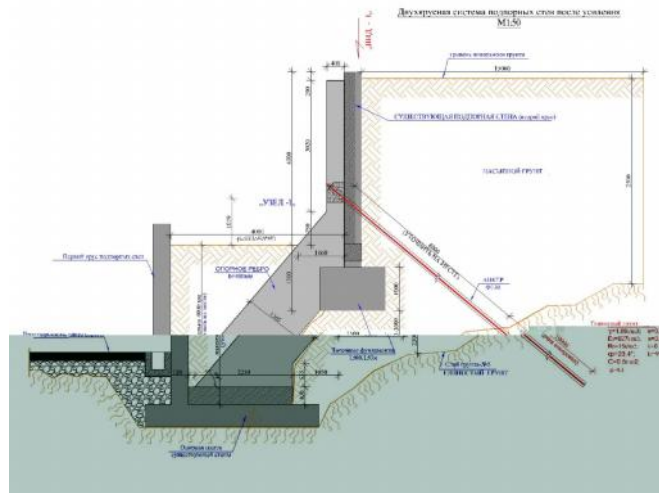


.9.

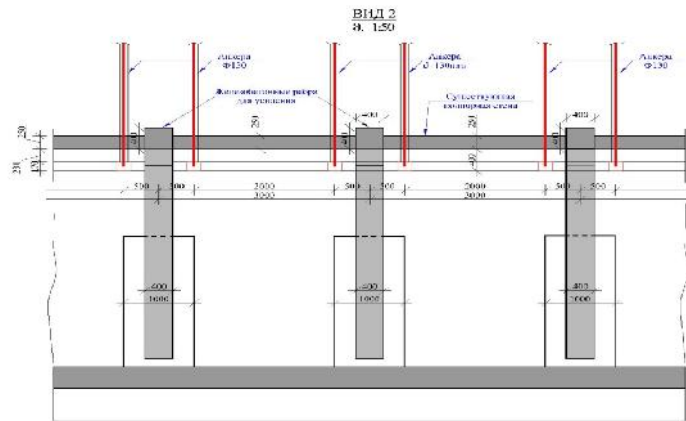


«

2015»



.10.



.11.

$$EE=0,5 \cdot \chi \cdot H^2 \sim$$

[6]:  
(1)

$$\chi - \left( \frac{\dots}{\dots} \right) / ^3;$$

H - ;

~ - , ( { ),  
(r)

(s).

q,

: (s ≤ 10<sup>0</sup>),

q

$$EE=0,5 \cdot \chi \cdot H (H+2h_0) \sim$$

(2)

$$: h_0 = \frac{q}{\chi} \quad ;$$

:

$$q_1 = \frac{2E}{H + h_0} \quad q_2 = q_1 \frac{h_0}{H + h_0} .$$

$$e = \frac{H}{3} \cdot \frac{q_1 + 2q_2}{q_1 + q_2} \quad (3)$$

$$E = E_{\delta} + E_{\nu} = 0,5(\chi - a\chi_0) \cdot h_2^2 + 0,5\chi_0 H^2 \quad (4)$$

$$E = E + E = 0,5 \cdot \chi \cdot H^2 + 0,5\chi_0(1 - a)h_2^2 \quad (5)$$

χ -  
 χ<sub>0</sub> -  
 r -

$$(r = 0,55 \div 0,7).$$

$$E = E + E = 0,5(\chi - a\chi_0) \cdot h_2^2 + 0,5\chi_0 H^2 \quad (6)$$

$$X = X_i / n, \quad (7)$$

n -

-

«

»

« 2015» [3,4,5,7].

( ).

–  $K_z$ .

стен

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.

1,5 - 2,5 / ,

90 %-

- 0,2 - 0,3 / .

-

«

»

[11].

[12].

(I ),

(II )

(III ).

I

II

III

-

:

:

(  
)

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

(I )

(II ).

- I II
- ;
- I ( )
- II
1. - . LTD  
 “AXALI SAKKALAKMSHENPROEKT”. . 2013 .
2. / .-
- ∴ , 1984.
3. . . . « ». 4. 2005. - .8-12.
4. / . . . -  
 : , 2005. – 343 .
5. Gorodetsky A.S., Evzerov I.D. Kompiuternye modeli konstruktsiy [Computer models of structures]. Kiev, Fact Publ., 2005. 343 p.
6. 2014 . : / . . ,  
 . . . . : , 2008. – 280 .
7. , 1964 . – 192 .
8. . . .  
 : . – ∴ - « » , 2014.-301 .
9. 506-88 . 1988 .
10. 2.06.07-87 (1989) , ,  
 . 1987 .
11. - //
- . – .5. – ., 2007. – .13-20.
12. . . .  
 « » . . 2015 .

სანაპირო-რეკრეაციული ზოლის ნაპირდამცავი მოტივტივე-  
შტორმშემარბილებელი ჰიდროტექნიკური ნაგებობა

ა. ფრანგიშვილი, ზ. ციხელაშვილი, ი. ქადარია, ნ. ჩხეიძე,  
პ. გიორგაძე  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ.კოსტავას 77, 0175, თბილისი  
საქართველო)

**რეზიუმე:** შემუშავებულია ახალი ფორმის მოტივტივე ნაპირდამცავი შტორმშემარბილებელი ჰიდროტექნიკური ნაგებობის ბმული კომპლექსის ვარიანტი, რომელიც განკუთვნილია ზღვის სანაპირო-რეკრეაციული ზოლისა და ღია პორტების შტორმული ტალღებისაგან დასაცავად. შესაბამისად შემუშავებული ინოვაციური პროექტი გარკვეულ ქმედუნარიანობასა და სიცოცხლისუნარიანობას შესძენს ზღვისპირა ქალაქებში საერთაშორისო დანიშნულების ღია პორტებისა და სანაპირო-რეკრეაციული ზოლების სარეაბილიტაციო-სივრცით პერსპექტიულ მშენებლობას. აგრეთვე ამ ობიექტებზე ეკოლოგიურ-პრევენციული რეკომენდაციების შემუშავებას (შტორმის პირობებში სანიაღვრე კანალიზაციის შეუფერხებელი ფუნქციონირება, დამსვენებელთა რეკრეაციულ-კომფორტული დონის ამაღლება და ა.შ.), რაც დღეს განსაკუთრებით აქტუალური და დროულია. ამასთან, პირველ რიგში, მიზანშეწონილი იქნება ქბათუმის ბულვარის მიმდებარე სანაპირო-რეკრეაციული საკურორტო ზოლის შერჩევით მონაკვეთზე საპილოტე-საცდელი ინოვაციური პროექტის განხორციელება.

**საკვანძო სიტყვები:** მოტივტივე შტორმშემარბილებელი ჰიდროტექნიკური ნაგებობა, სანაპირო-რეკრეაციული ზოლი, საპილოტე-საცდელი ინოვაციური პროექტი, ეკოლოგიურ-პრევენციული რეკომენდაციები.

## 1. შუსავალი

პროექტის მიზანია ადგილობრივ ან/და საერთაშორისო ბაზრებზე ეფექტური მაღალტექნოლოგიური ინოვაციურ-კომერციული ღირებულების პროდუქტის შექმნა ზღვებისა და ოკეანეების რეკრეაციული სანაპირო ზოლისათვის, პრაქტიკული გამოყენების მოტივტივე ნაპირდამცავი ახალი ტიპის ტალღაშემარბილებელი ჰიდროტექნიკური ნაგებობის კომპლექსის შექმნა.

მიზნის მისაღწევად წარმოდგენილი პროექტის განხორციელება დაგეგმილია ჰიდროდინამიკური და ფიზიკური მოდელირების საფუძველზე დასაბუთებული ახალი ტიპის ტალღაშემარბილებელი ჰიდროტექნიკური ნაგებობის (და მათი ბმულების) ანალოგიური მოდელების კონსტრუირებითა და სერიული გამოცდით სპეციალურ ლაბორატორიულ ტალღაგენერატორზე შავი ზღვის ტალღების რეჟიმული გენერაციის პირობებში. სანაპირო-რეკრეაციული ზოლის (ქალაქების: ბათუმი, ფოთი, ქობულეთი და ა.შ.) მახასიათებელი პარამეტრების მიხედვით შესაძლებელი იქნება მიღებული შედეგების გამოყენება ამ ობიექტების საპილოტე პროექტის შესამუშავებლად.

ღია ტიპის საზღვაო (ან ოკეანის მიმდებარე რიგი ზღვების) ნავსადგურების გამართულ მუშაობაზე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ნებისმიერი საზღვაო ქვეყნის ეკონომიკური კეთილდღეობა, საგარეო-სატრანსპორტო გადაზიდვების ორგანიზაცია, კულტურულ-ეკონომიკური კავშირ-ურთიერთობების განვითარება და სხვა. როგორც ღია ნავსადგურები, ასევე მათი აკვატორიები (ნავსადგურის საზღვრებში მოქცეული

-

«

»

წყლის სივრცე-ტერიტორიები), გარკვეულ პერიოდებში, როგორც წესი, განიცდიან ზღვის შტორმული ტალღების არასასურველ ზემოქმედებას, რაც აფერხებს საზღვაო ტრანსპორტის ნორმალურ ფუნქციონირებას (სატრანსპორტო გემების და სხვ. მანევრირება-დაბინავებას). აგრეთვე, შტორმული ტალღები იწვევენ ნავსადგურების მიმდებარე სანაპირო ზოლების შეუქცევად წარეცხვებს, შტორმის დროს სანიაღვრე წყალარინების (კანალიზაციის) სისტემის ნორმალური ფუნქციონირების შეფერხებასა და სანაპირო არეებში შტორმულ ადინებებს.

## 2. ძირითადი ნაწილი

დღევანდელი მდგომარეობით ზღვის შტორმული ტალღების არასასურველ ზემოქმედებას განიცდის ქ. ბათუმის მიმდებარე ზღვის სანაპირო-რეკრეაციული ზოლი (ბულვარი, ახალი ბულვარი, ადლია-აეროპორტის ტერიტორია და ა.შ.), აგრეთვე ტალღების ზემოქმედებით და ფუძის გრუნტის გამორეცხვებისა და დეფორმაციების შედეგად ინგრევა ქ. ფოთის ნავსადგურის დამცავი კედელი-ზღუდარი (მოლი); უახლოეს მომავალში კატასტროფული წარეცხვები ემუქრება აჭარის შავიზღვისპირა ზოლს თურქეთის ტერიტორიაზე მალღივი კაშხლების კასკადის აგებისა და მდ. ჭოროხის მიერ მყარი ნატანის შემოტანის ბუნებრივი წონასწორობის დარღვევის გამო. წარეცხვებს ექვემდებარება აგრეთვე “ბაქო-სუფსის” ნავთობსადენის ტერმინალის მიმდებარე სანაპიროც. აღნიშნული გარემოებანი დაკავშირებულია მნიშვნელოვან ეკონომიკურ და ეკოლოგიურ ზარალთან. ანალოგიურ მოვლენებთან გვაქვს საქმე არა მარტო საქართველოს, არამედ მსოფლიოს მრავალი ქვეყნის ზღვებისა და ოკეანეების სანაპირო არეებშიც. აღნიშნული მიმართულებით დასმული პრობლემის სამეცნიერო კვლევას - ახალი ტიპის მოტივტივე შტორმშემარბილებელი ჰიდროტექნიკური ნაგებობის შემუშავებას, შესაბამისად, საპილოტე პროექტისთვის პარამეტრ-მახასიათებლების განსაზღვრისა და მოტივტივე შტორმშემარბილებელი ჰიდროტექნიკური ნაგებობის ბმული კომპლექსის რეალურ გამოცდას ქ. ბათუმის (და არა მარტო ბათუმის) სანაპირო-რეკრეაციულ ზოლში განთავსების მიზნით უდიდესი პრაქტიკული მნიშვნელობა ექნება.

ამრიგად, კვლევის პრობლემა განისაზღვრება ახალი ტიპის მოტივტივე ტალღაშემარბილებელ ჰიდროტექნიკური ნაგებობის ბმული კომპლექსის შემუშავებაში ზღვის (ან ოკეანეს მიმდებარე რიგი ზღვების) სანაპირო რეკრეაციული ზოლისა და ღია პორტების შტორმული ტალღებისაგან დასაცავად (ნახ. 4,6), შესაბამისად კვლევის ამოცანებს შეადგენს [1-5]:

- მოტივტივე ტალღაშემარბილებელი ჰიდროტექნიკური ნაგებობის სამეცნიერო-ექსპერიმენტული კვლევის ზოგადი მეთოდოლოგიის შემუშავება;
- ჰიდროდინამიკური და ფიზიკური მოდელირების საფუძველზე ახალი ტიპის მოტივტივე ტალღაშემარბილებელი ჰიდროტექნიკური ნაგებობის სავარაუდო-საცდელი ფორმების შერჩევა, საექსპერიმენტო მოდელის კონსტრუირება და აგება;
- შერჩეული კონსტრუქციებისაგან შედგენილი მოტივტივე ჰიდროტექნიკური ნაგებობის ბმული კომპლექსის სერიული გამოცდა ლაბორატორიულ ტალღაგენერატორზე შავი ზღვის მახასიათებელი ტალღების რეჟიმული გენერაციის პირობებში;
- სამეცნიერო-ექსპერიმენტული კვლევის შედეგების ჰიდროდინამიკური ანალიზი, ტექნოლოგიური სიახლე და ინოვაციურ-კომერციული წინადადების შემუშავება ადგილობრივ და საერთაშორისო ბაზრებზე სარეალიზაციოდ.



-

«

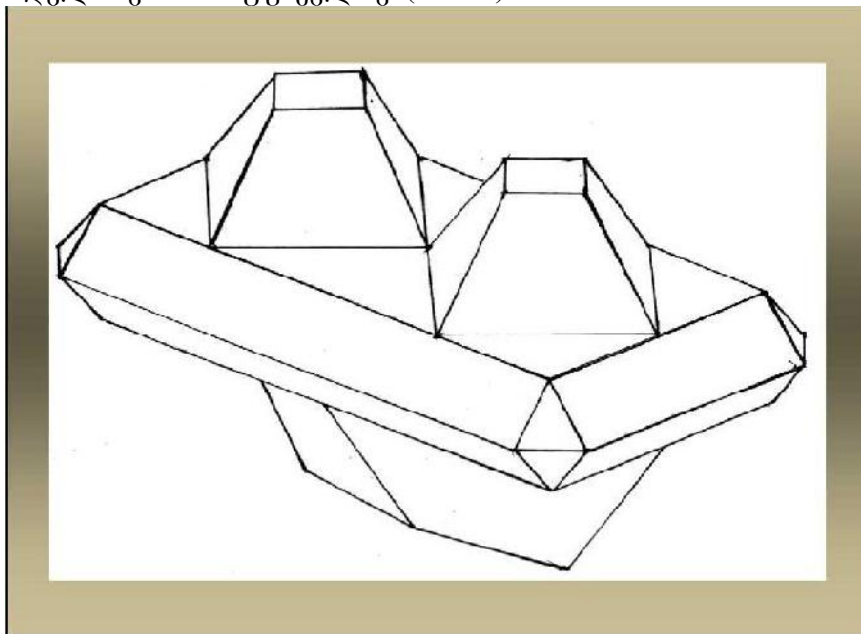
»

აღსანიშნავია, რომ შტორმული ტალღების მავნე ზემოქმედების უგულველსაყოფად მიმართავენ შერჩეული სანაპირო-რეკრეაციული ზოლების ეკოლოგიურ-დაცვით სამუშაოებს (შერჩევით სანაპირო ზოლებში ინერტული მასალის დაყრა, ნავსადგურის აკვატორიის პერამეტრის შემოზღუდვა სხვადასხვა ტიპის ტრადიციული ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მოწყობით და სხვ.), რაც ხშირ შემთხვევებში არაეფექტური და საკმაოდ ძვირადღირებულია, ამასთან, მოითხოვს რეგულარული სამუშაოების ჩატარებას წარუცხილი მოცულობის აღსადგენად.

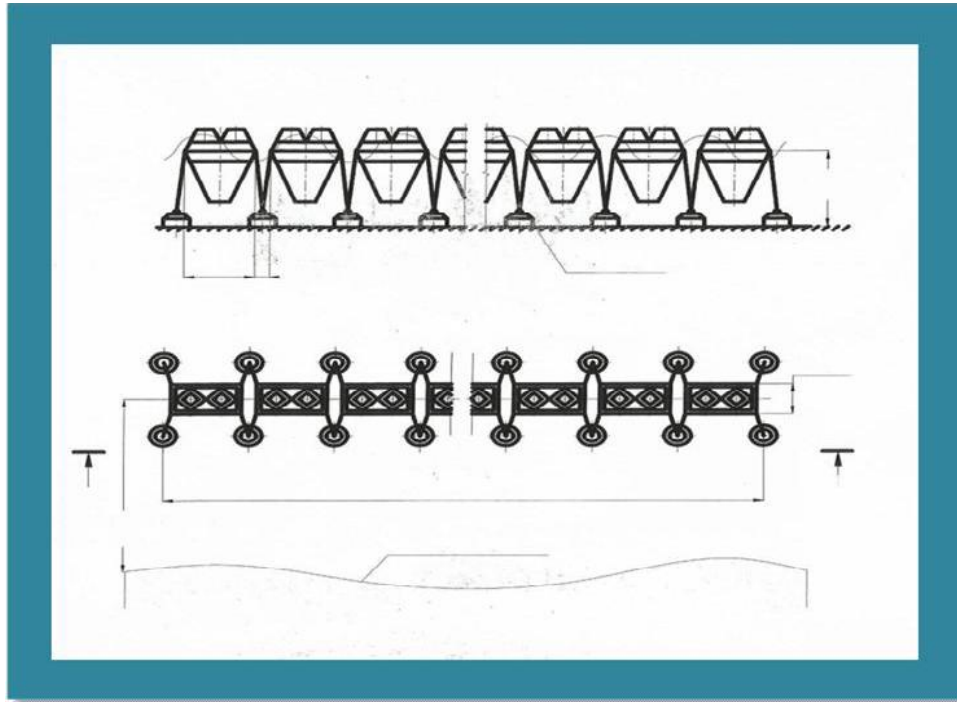
დღევანდელი მდგომარეობით სანაპირო-რეკრეაციულ ზოლებში და მსოფლიოს რიგ ღია ნავსადგურებში არსებული შტორმსაწინააღმდეგო შემომზღუდავი ნაგებობების გამოყენების პრაქტიკა, შეიძლება ითქვას, როგორც მორალურად, ასევე ტექნოლოგიურად შედარებით მოძველებულია, რიგი ობიექტები კი ამორტიზებული და თანამედროვე ტექნოლოგიების შესაბამისად მოითხოვს მათ განახლება-რეაბილიტაციას.

აღნიშნულ კონტექსტში, როგორც ერთ-ერთი ვარიანტი, შეიძლება მოიაზრობდეს ჩვენ მიერ შემოთავაზებული პროექტით შემუშავებული ინოვაციური წინადადება-ტექნოლოგია, რომლის დანერგვასაც (საპილოტე პროექტის სახით) უპირველესად ვგეგმავთ ქბათუმის ბულვარის სანაპირო-რეკრეაციული ზოლის მიმდებარე ზღვის შეღწეში [3].

შემოთავაზებულ ინოვაციურ პროექტში წარმოდგენილი იქნება როგორც სამოდულო ნაგებობების ლაბორატორიულ-ექსპერიმენტული კვლევების შედეგები, ასევე მიღებული შედეგების შესაბამისად ახალი ტიპის ერთ-ერთი მოტივტივე ნაპირდამცავი კომპლექსის გაანგარიშების ზოგადი მეთოდოლოგია ჰიდროდინამიკური მათემატიკური მოდელირების საფუძველზე (ნახ. 1).



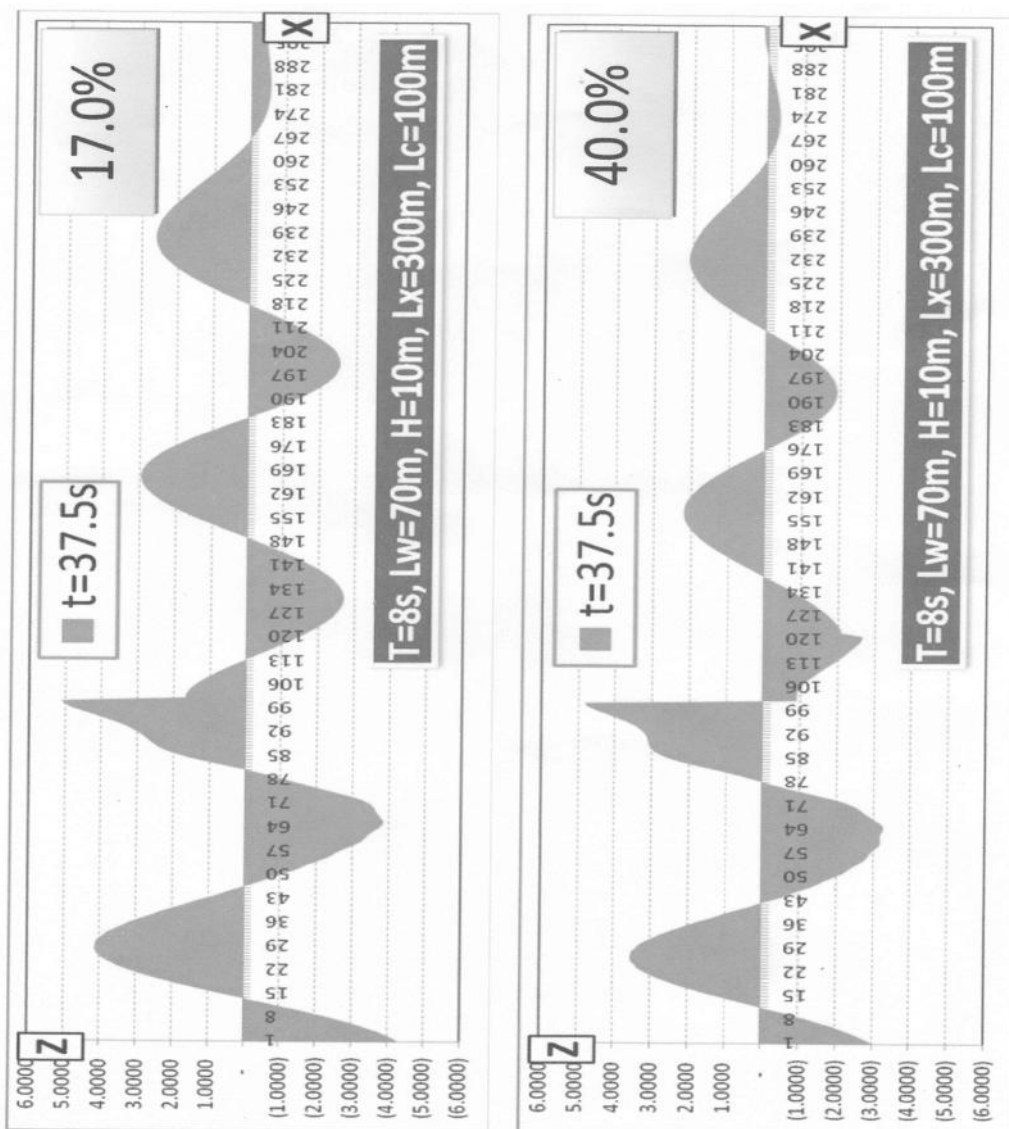
ნახ.1 მოტივტივე ტალღაშემარბილებელი ნაგებობის ელემენტის კონსტრუქციული სქემა



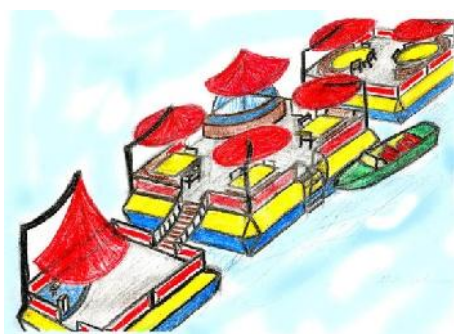
ნახ.2 მოტივტივე ტალღაშემარბილებელი ნაგებობის კონსტრუქციების ბმული

შემოთავაზებული ნაპირდამცავი ტალღაშემარბილებელი მოტივტივე ჰიდროტექნიკური ნაგებობა შექმნილია ზღვის სანაპირო-რეკრეაციული ზოლისა და ღია პორტების შტორმული ტალღებისგან დასაცავად. ავტორების მიერ შემოთავაზებულ ტექნოლოგიას ანალოგი არ აქვს და მასზე მიღებულია შესაბამისი გამოგონების პატენტი [2]. იგი წაკვეთილი პირამიდის ფორმის მოდელების ბმულ ჯაჭვს წარმოადგენს (ნახ.2) და მისი სამეცნიერო-ექსპერიმენტული გამოცდა ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ოკეანოლოგიისა და მექანიკის ლაბორატორიაში ტალღაგენერატორზე მოეწყო შავი ზღვისთვის დამახასიათებელი მოკლე ტალღის რეჟიმის იმიტაციის პირობებში. ტექნოლოგიის ეფექტურობა გამოვლინდა და დაფიქსირდა ტალღის ენერჯის შერბილების 30-40 %-იანი დიაპაზონი (ნახ.3).

აღსანიშნავია, რომ მიმდინარე ეტაპზე ჩვენმა სამეცნიერო-შემოქმედებითმა ჯგუფმა, ექსპერიმენტული მოდელების საფუძველზე, შევიმუშავეთ ახალი ფორმის შტორმშემარბილებელი ჰიდროტექნიკური ნაგებობის კონსტრუქციის ვარიანტი (ნახ.6) და ვგეგმავთ მის ლაბორატორიულ-ექსპერიმენტულ გამოცდას ტალღაგენერატორზე შავი ზღვის ტალღების რეჟიმული გენერაციის პირობებში. მიღებული შედეგების შედარება ადრინდელ კონსტრუქციასთან (ნახ.2) საშუალებას მოგვცემს მიღებულ იქნას რეკომენდაცია ბათუმის ბულვარის მიმდებარედ ზღვის შეღწევაში (სანაპირო ზოლიდან 80-150 მ-ის დაცილებით) საპილოტე-საცდელი ჰიდროტექნიკური ნაგებობის ბმული კომპლექსის განთავსების მიზანშეწონილობის შესახებ.



ნახ.3 ლაბორატორიის პირობებში ფიქსირებული ტალღების კომპიუტერულ-იმიტაციური მოდელირება



ნახ. 4



ნახ. 5



**ტრადიციული მეწყერსაწინააღმდეგო საყრდენი კედლების  
ობიექტური ტექნოლოგიური გადაწყვეტა.**

შ. ბაქანიძე, ბ. სურგულაძე, კ. იაშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, კოსტავას ქ. №77, 0175, თბილისი,  
საქართველო).

**რეზიუმე:** განხილულია ტრადიციული მეწყერსაწინააღმდეგო საყრდენი კედლების რამდენიმე ტიპი. მათი კონსტრუქციული გაანგარიშების შედეგების საფუძველზე შესრულებულია ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლების გაანგარიშება. გამოვლენილია ობიექტური ტექნოლოგიური გადაწყვეტა.

**საკვანძო სიტყვები:** მეწყერი, საყრდენი კედელი, კონსტრუქციული გადაწყვეტა, ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლები, ობიექტური ტექნოლოგიური გადაწყვეტა.

**1. შესავალი**

ცნობილია, რომ ბუნებრივი კალთების მეწყერული მოვლენების პრევენციის ერთ-ერთ საშუალებას წარმოადგენენ საყრდენი კედლები, რომლებიც შესაძლოა შედიოდნენ მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებათა კომპლექსში (გრუნტიდან წყლის მადრენირებელი მოწყობილობა, ხიმინჯები, გრუნტული ანკერები და სხვ.), ან მუშაობდნენ დამოუკიდებლად.

საყრდენი კედლის კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური გადაწყვეტა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე (გრუნტის სახეობა, მისი წყლით გაჯირჯვლის ხარისხი, კედლის მასალა, სიმაღლე, დახრა და სხვა), ამიტომ მისი საბოლოო, ხელსაყრელი კონსტრუქციული გადაწყვეტის შერჩევა ხდება გადაწყვეტათა შესაძლო ვარიანტების ერთმანეთთან ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების საფუძველზე. ნაშრომში განხილულია საყრდენი კედლების სამი ტიპი: მასიური ბეტონის, ვერტიკალური; მასიური ბეტონის, დახრილი და მონოლითური რკინაბეტონის.

რადგან ბუნებრივი კალთების მეწყერული მოვლენების წარმოქმნის ერთ-ერთ ძირითად მიზეზს წარმოადგენს გრუნტის გაჯირჯვლა ზედაპირული წყლებით, გაანგარიშებისას მიღებულია შედარებით რთული გრუნტული პირობები, კერძოდ- წყალნაჯერი თიხნარი, რომელიც ხშირად გვხვდება საქართველოს მეწყერულ რეგიონებში.

გაანგარიშებას, როგორც წესი, აწარმოებენ საყრდენი კედლის 1 გრძივი მეტრისათვის.

**2. ძირითადი ნაწილი**

გაანგარიშებისას მიღებულია შემდეგი საწყისი მონაცემები:

გრუნტის ტიპი-წყალნაჯერი თიხნარი; ჩანაყარი გრუნტის დახრის კუთხე  $\alpha = 15^\circ$ ;  
კედლის სიმაღლე – 6 მ; დახრილი მასიური კედლის დახრა  $i=0.1$

**I. კედელზე გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება**

ცნობილია, რომ წყალნაჯერი გრუნტების შემთხვევაში გრუნტის და წყლის ჯამური დაწნევა კედელზე განისაზღვრება ფორმულით [1,2]

$$E = E_g + E_f = 0,5(x - ax_0) \cdot h^2 + 0,5x_0 \cdot H^2;$$

სადაც:  $E_g$ - გრუნტის დაწნევა კედელზე;  $E_f$ - წყლის დაწნევა კედელზე;

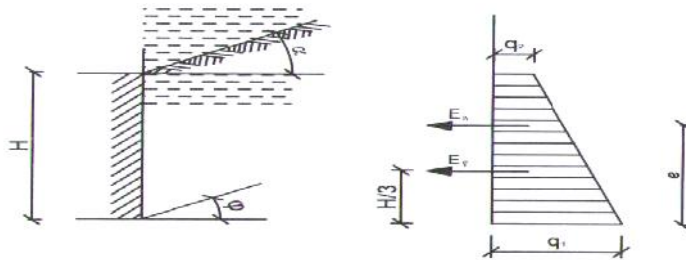
- გრუნტის მოცულობითი წონა;  $x_0$ - წყლის მოცულობითი წონა;

- გრუნტის მოცულობის ერთეულის ნაწილაკებზე ხვედრითი წილი

(მიიღება  $0.55 \div 0.7$ )

$H$  – საყრდენი კედლის სიმაღლე;  $h_2$  – გასამაგრებელი გრუნტის სიმაღლე (როდესაც გრუნტი შეტივტივებულია წყალში,  $h_2=H$ );

$\mu$  – კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია განსახილველი გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხეზე ( $\alpha$ ), ჩანაყარი გრუნტის ზედაპირის დახრის კუთხეზე ( $\beta$ ), ვერტიკალიდან საყრდენი კედლის უკანა სიბრტყის გადახრის კუთხეზე ( $\delta$ ). ჩვენი მაგალითის შემთხვევაში ზემოთ აღნიშნული სიდიდეები ტოლია:  $\mu=1.55$  ტ/მ<sup>3</sup>- მშრალი თიხნარისათვის,  $\mu=1.9$  ტ/მ<sup>3</sup>-წყალნაჯერი თიხნარისათვის;  $\rho=1.0$  ტ/მ<sup>3</sup>,  $\alpha=0.62$ ;  $H=6$  მ;  $h_2=6$  მ;  $\mu=0.55$ ;  $\alpha=23^\circ$ ;  $\beta=15^\circ$ ; დატვირთვა ჩანაყარი გრუნტის ზედაპირზე  $q=0.5$  ტ/მ<sup>2</sup> (ნახ 1)



ნახ.1. საყრდენ კედელზე გრუნტის დაწნევის გაანგარიშებისათვის.

$$E_v = 0,5 \cdot \gamma \cdot H^2 = 0,5 \cdot 1 \cdot 6^2 = 18 \text{ ტ.} \quad \mu_a = 0,55$$

$$E_g = 0,5(1,55 - 0,62 \cdot 1) \cdot 6(6 + 2 \cdot 0,26) \cdot 0,55 = 10,0 \text{ ტ.}$$

$$E = E_g + E_v = 10,0 + 18,0 = 28,0 \text{ ტ.} \quad E = 28,0 \text{ ტ.}$$

ძაბვების ეპიურისათვის:

$$q_1 = \frac{2 \cdot 10,0}{6 + 0,26} = 3,19 \text{ ტ/მ.} \quad q_2 = 3,19 \cdot \frac{0,26}{6 + 0,26} = 0,13 \text{ ტ/მ.}$$

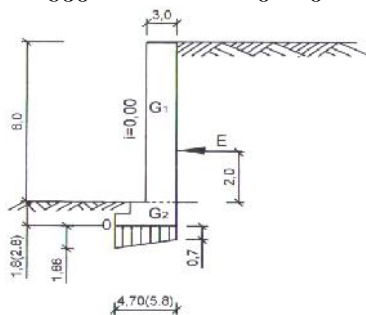
$$e_v = \frac{6}{3} \cdot \frac{3,19 + 2 \cdot 0,13}{3,19 + 0,13} = 2 \cdot 1,039 = 2,078 \text{ მ}$$

პირობითად:  $e = 2,05$  მ

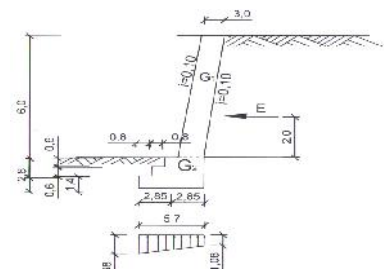
## 2. საყრდენი კედლების გაანგარიშება

საყრდენ კედელზე გრუნტის მიღებულ დაწნევაზე გაანგარიშების შედეგად განსახილველი საყრდენი კედლების გეომეტრიული მახასიათებლები (თვით გაანგარიშება სტატიაში არ მოგვაქვს, რადგან იგი საყოველთაოდ ცნობილია) [3]

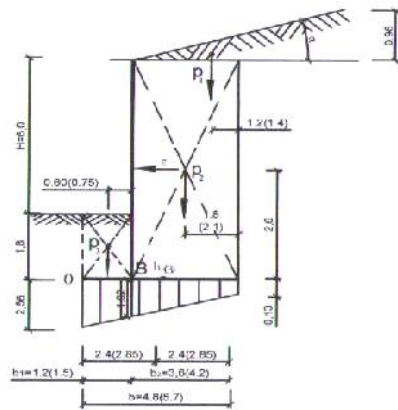
მოტანილია ქვემოთ, ნახაზებზე:



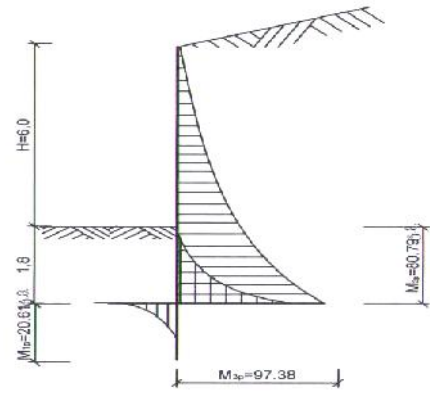
ნახ.2 – ბეტონის მასიური ვერტიკალური საყრდენი კედელი



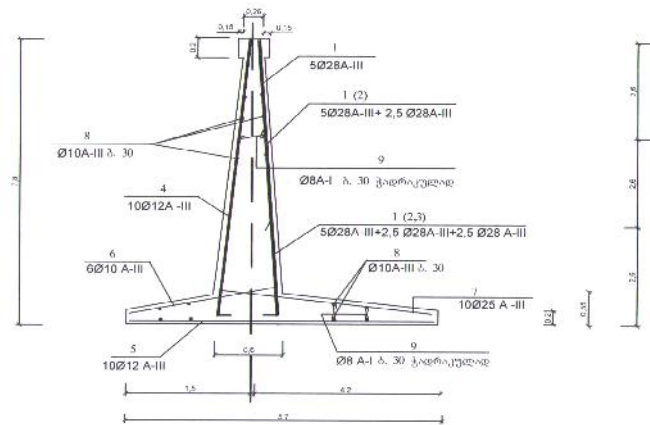
ნახ. 3 – ბეტონის მასიური დახრილი საყრდენი კედელი



ნახ. 4 – მონოლითური რკინაბეტონის საყრდენი კედლის საანგარიშო სქემა



ნახ. 5 – მონოლითური რკინაბეტონის საყრდენი კედლის მღუნავი მომენტების ეპიურა



6. მონოლითური რკინაბეტონის საყრდენი კედლის დაარმატურება.

ცხრილი-1. არმატურის სპეციფიკაცია

არმატურის სპეციფიკაცია						არმატურის ამოკრება			
პოზ №	ესკიზი	მმ	l სმ	n ცალი	nxl მ	მმ	nxl მ	q კვ	
								A-I	A-III
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7700 250	28AIII	795	50	397,5	28AIII	600,1	-	2898
2	5100 250	28AIII	535	25	133,8	25AIII	445,0	-	1713
3	2500 250	28AIII	275	25	68,8	12AIII	1355,0	-	1206
4	7700 250	12AIII	795	100	795,0	10AIII	2755,0	-	1708

-

«

»

5	5600	12AIII	560	100	560,0	8AI	450,0	178	-
6	1750	10AIII	175	100	175,0	ჯამი		178	7525
7	4450	25AIII	445	100	445,0	სულ	7703		
8	დაიჭრას ადგილზე	10AIII	—	—	2580	V <sub>გ</sub> =54,8 მ <sup>3</sup> B-20			
9	ცვალებადი	8AI	საშ=60	750	450,0				

3. ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლების გაანგარიშება [4]

მასალების ხარჯი განსახილველი საყრდენი კედლების 10 გრძივ მეტრზე მოცემულია ცხრილში 2. ბეტონის კლასი მიღებულია: მასიური საყრდენი კედლებისათვის-B 7,5, მონოლუთური რკინაბეტონისათვის-B20. საყრდენი კედლების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები მოცემულია ცხრილში 3;

ცხრ. 2. მასალების ხარჯი საყრდენი კედლების 10 გრძ. მეტრისათვის

საყრდენი კედლის ტიპი	ბეტონის კლასი	მასალების ხარჯი კედლის 10 გრძ. მ.		
		ბეტონი, მ <sup>3</sup>	არმატურა, კგ	
			A-I	A-III
ბეტონის მასიური, ვერტიკ.	B 7,5	326.7	-	-
ბეტონის მასიური, დახრილი	B 7,5	314	-	-
მონოლით. რკინაბეტონი	B 20	54.8	178	7525

ცხრ. 3. საყრდენი კედლების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები

საყრდენი კედლის ტიპი	მასალების ღირებულება, ლარი							სამუშაოთა შრომატ. (კაც.სთ)		ხელფასი, ლარი		კედლის სრული ღირებულება. (ლარი)
	ბეტონი		არმატურა				მასალების საერთო ღირებულება	ერთ. (100მ <sup>3</sup> )	სულ	ერთ.	სულ	
			A-I		A-III							
	1 მ <sup>3</sup>	სულ	1 ტ	სულ	1 ტ	სულ	ერთ.	სულ	ერთ.	სულ		
ასიური, ვერტიკალური	95	31037	-	-	-	-	31037	281	918	3.5	3213	34250
ასიური, დახრილი	95	29830	-	-	-	-	29830	281	882	3.5	3087	32917
მონოლ. რკინაბეტონი	110	6028	1300	231	1310	9858	16117	464	254	3.5	889	17006

საყრდენი კედლების განხილული ტიპებიდან უფრო ხელსაყრელის გამოსვლენად ერთ-ერთი მათგანის (მაგ. ვერტიკალური მასიური კედლის) ტექნიკურ-



ეკონომიკური მაჩვენებლები მივიჩნიოთ საბაზოდ (ანუ მივიღოთ 100 %-ის ტოლად) და მას შევადაროთ დანარჩენი კედლების ანალოგიური მაჩვენებლები

ცხრ. 4. საყრდენი კედლების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების ურთიერთშედარება

კედლის ტიპი	მაჩვენებლების %-ული თანაფარდობა		სხვაობა %-ში		გასაშ. სხვაობა %-ში
	შრომატ.	სრული ღირებულება	შრომატევად.	ღირებულება	
მასიური, ვერტიკ.	100	100	-	-	-
მასიური, დახრილი	96	96	4	4	4
მონოლით. რკინაბეტონი	28	50	72	50	61

### 3. დასკვნა

განხილული ტრადიციული საყრდენი კედლებიდან რკინაბეტონის მონოლითური კედლების უპირატესობა მასიურ ბეტონის კედლებთან მიმართებაში ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების მიხედვით უდავოა.

### ლიტერატურა

1. СНИП 2.02.01-83. Основания и фундамент М. 1982, с. 61 ;
2. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Под общей редакцией проф. Е.А. Сорочана. М. Стройиздат, 1985, ст 162.
3. А.Б. Гольшев, В.Я., Бачинский и др. Проектирование железобетонных конструкций. Справочное пособие Киев, „Будивельник” 1985ь ст 423.
4. ვ. ლოლაძე, შ. ბაქანიძე, ნ. მსხილაძე, ვ. პირმისაშვილი, თ. თავაძე. ბუნებრივი კალთების და მიწის ნაგებობების ფერდობების მდგრადობის უზრუნველყოფის ახალი ტექნოლოგიური გადაწყვეტები, (მონოგრაფია), თბილისი, „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2013, გვ. 115.

ბარემო ჰაერის ბამოქმენება შენობათა ბასათობობაჲ

მ. გრძელიშვილი, ო. გიორგობიანი, ა. კოპალიანი  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 77, 0175,  
თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია შენობათა გათბობის, ცხელწყალმომარაგების და ჰაერის კონდიციონირების სისტემებში წიაღისეულ სათბობზე მომუშავე თბოგენერატორების ჰაერის თბური ტუმბოებით ჩანაცვლების საკითხი. ეს დანადგარები პირველად სითბოს წყაროდ იყენებენ გარემო ჰაერს  $+100-200^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურულ ფარგლებში და ეფექტურად ათბობენ შენობას უსაფრთხოების და ეკოლოგიური მახასიათებლების მაღალი მაჩვენებლებით.

ჰაერის თბური ტუმბოები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ნებისმიერი მოცულობის შენობებში, ადვილია მათი მონტაჟი და მომსახურება.

ბუნებრივ გაზზე მომუშავე თბოგენერატორების თბური ტუმბოებით ჩანაცვლება გააუმჯობესებს რა გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობას უზუნველყოფს მომხმარებელთა ენერგოდამოუკიდებლობას, ხოლო ისეთ რეგიონებში სადაც ბუნებრივი გაზი არ არის მიყვანილი გამოირიცხება შეშით ან სხვა სათბობით მომხმარებელთა უზრუნველყოფის საკითხი.

**საკვანძო სიტყვები:** გათბობა, ჰაერის კონდიციონირება, თბური ტუმბო, ცხელი წყალი, მშენებლობა, მონტაჟი, ბუნებრივი გაზი, ეკოლოგია.

## 1. შესავალი

ქვეყანაში გამომუშავებული ენერჯის ყველაზე დიდი წილი, დაახლოებით 42%, მოდის შენობა-ნაგებობებზე. აქედან 87%-ს მოიხმარს გათბობისა და ცხელწყალმომარაგების სისტემები, ხოლო განათებისათვის საჭიროა (1±2)%, დანარჩენ 12%-ს მოიხმარს საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოები ბუნებრივი გაზისა და ელექტროენერჯის სახით. საქართველოში ისევე, როგორც მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში შენობათა გათბობა წიაღისეული სათბობის ხარჯზე მიმდინარეობს, ამიტომ შენობა-ნაგებობები ეკოლოგიური თვალსაზრისით ითვლებიან გარემოს დამაბინძურებელ ძირითად წყაროებად. წიაღისეული სათბობის დაწვის შედეგად გარემოში გაიფრქვევა მილიონობით ტონა სასათბურე ( $\text{CO}_2$ ) და მომწამვლელ ( $\text{CO}$  და  $\text{NO}_x$ ) გაზები. აქედან გამომდინარე სამშენებლო დარგის სპეციალისტების გადაუდებელი ამოცანაა შენობათა გათბობისა და ცხელწყალმომარაგების სისტემებში წიაღისეული სათბობის ენერჯის ალტერნატიული ენერჯით ჩანაცვლება.

## 2. ძირითადი ნაწილი

ალტერნატიული ენერჯიებიდან ყველაზე უფრო ხელმისაწვდომი და გამოსაყენებელია ჩვენს ირგვლივ უხვად მყოფი განახლებადი ენერჯია დაბალპოტენციური თბური ენერჯო წყაროების (გრუნტი, ჰაერი, წყალი) სახით. ამ თბური წყაროებიდან ყველაზე უფრო იაფი და ხელმისაწვდომია გარემო ჰაერი. გარემო ჰაერში წლის განმავლობაში გროვდება ისეთი რაოდენობის სითბო, რომელსაც მინუს  $25^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურის დროსაც კი შეუძლია შენობების გათბობის და ცხელწყალმომარაგების სისტემების სათანადო ენერჯით უზრუნველყოფა

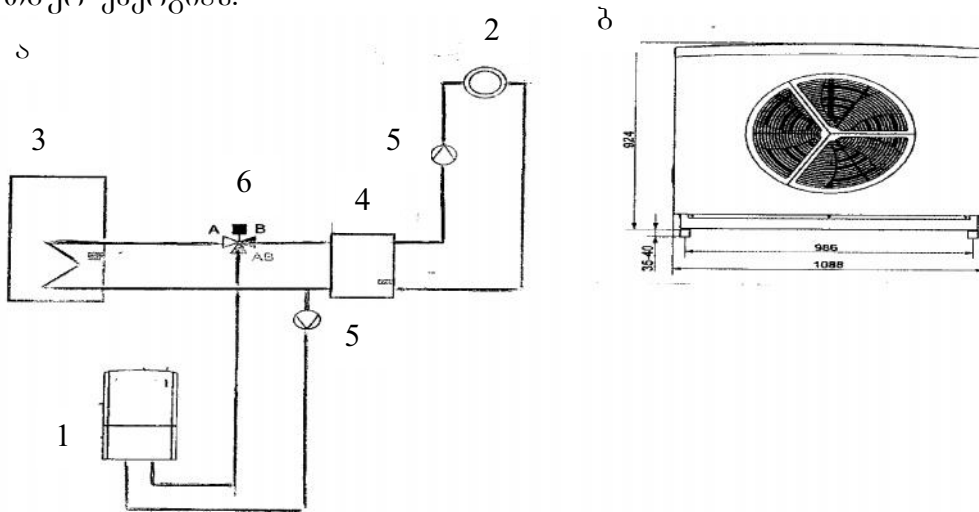
-

«

»

დაბალპოტენციური თბური წყაროდან ანუ გარე ჰაერიდან სითბოს ენერგია და მისი გადატანა გათბობის სისტემაში სპეციალური მოწყობილობის, თბური ტუმბოს მეშვეობით ხდება და იგი სხვა არაფერია, თუ არა საყოფაცხოვრებო კონდიციონერის გარე ბლოკი.

1 ნახაზზე ნაჩვენებია თბური ტუმბოს გათბობის სისტემაში ჩართვის სქემა. თბური ტუმბო შეიძლება იყოს მონობლოკის სახით როდესაც მისი ძირითადი ნაწილები (ამორტოქლებელი, კონდესატორი, კომპრესორი, სარედუქციო სარქველი) განლაგებულია ერთ ბლოკში, ან განცალკევებული, რომელიც შიდა და გარე ბლოკებისაგან შედგება. ამრიგად სახლის (ბინის) გასათბობად საკმარისია ამ ბლოკის (ბლოკების) დადგმა. ჰაერის მიწოდების უზრუნველყოფა და მათთან ელექტროენერგიის მიყვანა. თბური ტუმბო ყოველ მიწოდებულ 1 კვტ. სთ ელექტრო ენერგიაზე მოგვცემს 4 კვტ. სთ თბურ ენერგიას.



ნახ. 1 “წყალი-ჰაერის” თბური ტუმბო ა – 15 კვტ თბური სიმძლავრის თბური ტუმბოს საერთო ხედი და ზომები, ბ – თბური ტუმბოს გათბობის სისტემაში ჩართვის სქემა: 1 – თბური ტუმბო; 2 – გათბობის სისტემა; 3 – მოცულობითი წყალგამაცხელებელი; 4 – ჰიდრომოდული; 5 – საცირკულაციო ტუმბო; 6 – სამსვლიანი ვენტილი.

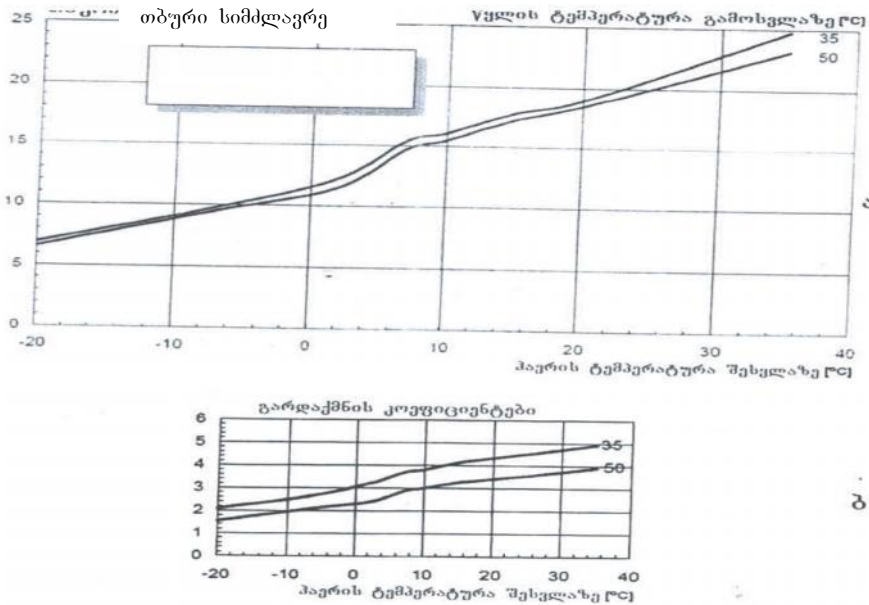
იმ შემთხვევაში თუ ცხელი წყლის მომზადებაც გეჭირდება თბური ტუმბოდან გამომავალი მეორადი კონტურის მილი უერთდება წყალგამაცხელებელს, რომელიც გააცხელებს წყალსადენიდან შემოსულ ცივ წყალს. თბური ტუმბოს უპირატესობა კიდევ ისაა, რომ თბურტუმბოვანი გათბობის სისტემა ზაფხულში შეგვიძლია გამოვიყენოთ ჰაერის კონდიციონერის მიზნით.

თბური ტუმბოს ძირითადი მახასიათებელი პარამეტრია მისი სიმძლავრის ანუ გარდაქმნის კოეფიციენტი, რომელიც თბური ტუმბოს მიერ გამოიმუშავებული თბური ენერგიის ფარდობაა მასზე მიწოდებულ ელექტროენერგიასთან.

$$\eta = \frac{Q}{E} \quad (1)$$

ნახ.2-ზე ნაჩვენებია “ჰაერი-წყლის” თბური ტუმბოების სიმძლავრის სიდიდეები და გარდაქმნის კოეფიციენტების მნიშვნელობები გარე ჰაერის -20°C-დან +35°C-მდე ტემპერატურის დროს, ამ ტემპერატურული დიაპაზონისათვის თბური ტუმბოს მწარმოებლობა ანუ სიმძლავრე იცვლება 5÷25 კვტ ფარგლებში. როგორც 2.ა ნახაზიდან ჩანს გარე ჰაერის -20°C ტემპერატურის დროს თბური ტუმბო გამოიმუშავებს

5 კვტ ენერჯიას, რომელიც სავსებით საკმარისია 170 კვ.მ. ფართობის გასათბობად პასიურ (სახლებში), 100 კვ.მ. ფართის გასათბობად თბოიზოლირებულ სახლებში და 43 კვ.მ. ფართის გასათბობად ჩვეულებრივ აგურით ნაგებ სახლებში.



ნახ. 2 ჰაერ-წყლის თბური ტუმბოს: ა – სიმძლავრეები; ბ – გარდაქმნის კოეფიციენტები

ნახ. 2ბ გრაფიკი გვიჩვენებს რომ ზემოთ ნახსენები ტემპერატურული დიაპაზონისათვის თბური ტუმბოს გარდაქმნის კოეფიციენტები 1,5-დან 5-მდე იცვლება.

საქართველოს უმთავრესი რეგიონებისათვის, სადაც საშუალო დღე-ღამური ტემპერატურა +5°C-ია სიმძლავრის კოეფიციენტი 4-ის ტოლია. აქედან გამომდინარე “ჰაერი-წყლის” თბური ტუმბოს გამოყენება გამართლებულია როგორც ენერგეტიკულად ასევე ეკონომიკურად.

იმისათვის, რომ შევაფასოთ თბური ტუმბოს გამოყენების ეფექტურობა გაზის ქვაბთან შედარებით, შეიძლება ვისარგებლოთ შემდეგი დამოკიდებულებით. გაზსა და ელექტროენერჯიის ფასების ფიქსირებული თანაფარდობის დროს არსებობს თბური ტუმბოს გარდაქმნის კოეფიციენტის, COP (coefficient performance)-ის ისეთი მნიშვნელობა, რომლის მიღწევის დროსაც ესქპლუატაციაში თბური ტუმბო უფრო იაფია ვიდრე გაზი. ეს სიდიდე დამოკიდებულია აგრეთვე გამოყენებული გაზის თბოუნარიანობაზე. საინჟინრო ანგარიშების დროს ეს სიდიდე 1 მ<sup>3</sup> გაზისათვის შეიძლება ავიღოთ 10 კვტ.სთ ტოლი.

სამი სიდიდე: გაზის თბოუნარიანობა, გარდაქმნის კოეფიციენტი (COP) და მათი თანაფარდობა ერთმანეთთან შემდეგი უტოლობითაა დაკავშირებული

$$g/ე \cdot COP = 10 \quad (2)$$

სადაც გ/ე არის 1მ<sup>3</sup> გაზის და 1 კვტ.სთ ელექტროენერჯიის ფასების თანაფარდობა.

დღეისათვის ქ. თბილისში გაზის ფასია 0,456 ლარი, ხოლო 1კვტ. სთ

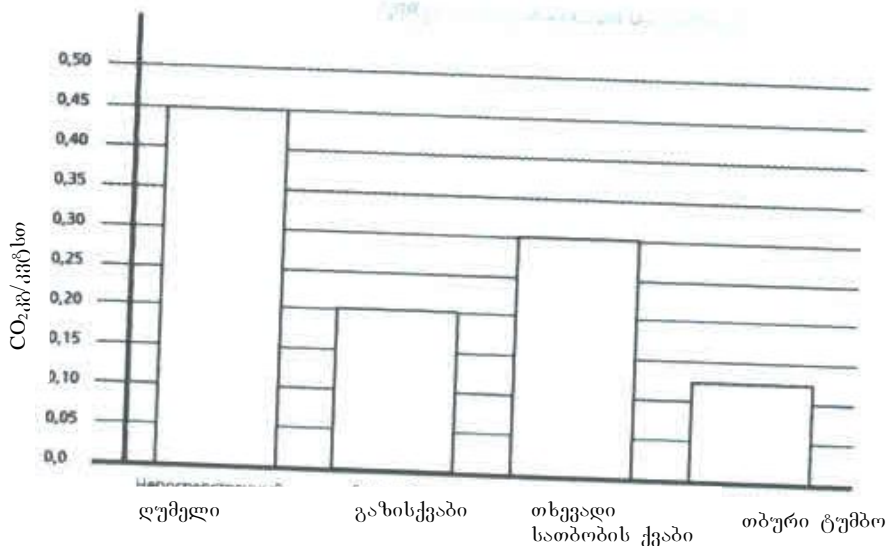
ელექტროენერჯიის 0,215ლ. მათი თანაფარდობა  $\frac{0,456}{0,215} = 2,12$  მაშინ (2) უტოლობის

თანახმად გარდაქმნის კოეფიციენტის ის მინიმალური მნიშვნელობა, რომლის დროსაც თბური ტუმბოს გამოყენება ეფექტური იქნება

$$COP \geq \frac{10}{2,12} = 4,7$$

ევროპის ქვეყნებში, აშშ, იაპონიასა და მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში COP-ის აღნიშნული მნიშვნელობა 1,3÷2,5-ის ფარგლებშია რაც ამ ქვეყნებში გაზის მაღალი და ელექტროენერჯის შედარებით დაბალი ფასით აიხსნება.

გარდა ეკონომიკური უპირატესობისა თბური ტუმბოები გაცილებით მაღალი ეკოლოგიური მაჩვენებლებით ხასიათდებიან. თბური ტუმბოს გამოყენების შემთხვევაში გარემოში CO<sub>2</sub>-ის გამოყოფა (ნახ.3) მნიშვნელოვნად მცირდება სხვა სახის თბოგენერატორებთან შედარებით.



ნახ. 3 CO<sub>2</sub>-ის გამონახობის მნიშვნელობები გათბობის სისტემების სხვადასხვა თბოგენერატორებისათვის

ანალიზი გვიჩვენებს, რომ თუ ევროპაში მშენებარე ერთი მლნ სახლი აღიჭურვება თბური ტუმბოთი, მაშინ CO<sub>2</sub>-ის გამონახობა ყოველწლიურად 3600000 ტონით შემცირდება.

მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში თბური ტუმბოების ფართო დანერგვამ დაგარწმუნა მათი მაღალი დონის ეკოლოგიურობაში, ეფექტურობაში და უსაფრთხოებაში. დაგეგმილია, რომ 2020 წლისათვის ევროპის ქვეყნების შენობათა 75% აღიჭურვოს გათბობის და ჰაერის კონდიციონირების თბურ ტუმბოვანი სისტემებით.

ჰაერის თბური ტუმბოების გამოყენების და ჰაერის კონდიციონირების დროს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია შენობათა თბური დატვირთვების მინიმუმამდე დაყვანა. შენობათა თბური დატვირთვები უნდა განისაზღვრებოდეს ქვემოთ მოყვანილი მონაცემების შესაბამის პასიური სახლი – q=0,03 ვტ/მ<sup>2</sup> თბოიზოლირებული სახლები – EnEE ნორმებით – q=0,05 ვტ/მ<sup>2</sup>

შენობათა ნორმალური თბოიზოლაცია (1980 წლის შემდეგ აშენებული სახლები) – q=0,08 ვტ/მ<sup>2</sup> ძველი, აგურის შენობები თბოიზოლაციის გარეშე – q=0,12 ვტ/მ<sup>2</sup>

ახალი მშენებლობის და ძველის მოდერნიზაციის დროს საჭიროა ისეთი შემომზღვედი კონსტრუქციების მოწყობა, რომელთა თბოფიზიური მახასითებლები აღნიშნულ მოთხოვნას დააკმაყოფილებენ.

### 3. დასკვნა

გარე ჰაერი წარმოადგენს შენობათა თბომომარაგებისათვის საჭირო უზომო რაოდენობის დაბალპოტენციურ განახლებად ენერგოწყაროს. მისი გამოყენება და ფართოდ დანერგვა მშენებლობაში დაზოგავს რა მილიონობით ტონა პირობით სათბობს მკვეთრად გააუმჯობესებს გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობას და შეამცირებს შენობათა თბომომარაგებასთან დაკავშირებულ ხარჯებს.

რადგან ჰაერი ჩვენს ირგვლივ უზომო რაოდენობითაა და ადვილად ხელმისაწვდომია მისი გამოყენებით შესაძლებელია ნებისმიერი მოცულობის შენობის თბური მოთხოვნების დაკმაყოფილება და შესაბამისად მათი ენერგოდამოუკიდებლობის უზრუნველყოფა.

### ლიტერატურა

- 1.მ. გრძელიშვილი, ო. გორგობიანი. არატრადიციული განახლებადი ენერჯით გათბობა. სტუ, თბილისი 2012წ, გვ. ;
- 2.ა. კოპალიანი. არატრადიციული თბური წყაროები და მათი გამოყენების პერსპექტივები გათბობის ვენტილაციის და ჰაერის კონდიციონირების სისტემებში; დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაცია, სტუ, თბილისი 2016წ, გვ. ;
- 3.Stiebel Eltron – Wärmepumpen; Planung und Installation, [www.stiebel eltron.de](http://www.stiebel-eltron.de) 2013;
- 4.Buderus – [www.heiztechik/ buderus.de](http://www.heiztechik/buderus.de) 2005

**რობორ ბაგასანბრკლივოთ რკინაბეტონის ელემენტებისაგან  
აგებული შენობა-ნაგებობების ბზარმედებობა და სამქსპლუატაციო  
ვადები**

**ლ. კახიანი, ლ. ბალანჩივაძე, კ. იაშვილი**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილის,  
კოსტავას 77)

*რეზიუმე:* სტატიაში განხილულია რკინაბეტონის კონსტრუქციებისაგან აგებული შენობა-ნაგებობების ბზარმედებობა და ხანგამძლეობის მეცნიერული კვლევების შედეგები. მათი გამოყენების მეთოდები და შენობების უსაფრთხოე ქსპლუატაციის საკითხები.

*საკვანძო სიტყვები:* შენობები, რკინაბეტონის კონსტრუქციები, საძირკვლები, ბზარები, დეფორმაცია, ჯდენა, ჩადუნვა.

## 1. შესავალი

ბეტონი და რკინაბეტონი წარმოადგენს ერთერთ ძირითად სამშენებლო მასალას თანამედროვე მშენებლობაში და როგორც ირკვევა შეინარჩუნებს პრიორიტეტს მომავალშიც.

მსოფლიოში მოსახლეობის სწრაფმა ზრდამ გამოიწვია მშენებლობის ტემპების ზრდა, რაც იწვევს ახალი მასალების, ტექნოლოგიების გამოყენების აუცილებლობას.

ბეტონის ძირითადი უპირატესობა, როგორც კონსტრუქციუების სამშენებლო მასალის, კარგად არის ცნობილი; ბეტონი არის იაფი სამშენებლო მასალა, რომლის შემადგენელი ელემენტები ბუნებრივ პირობებში მრავლად მოიპოვება, ასევე გამოყენებულია სამრეწველო ობიექტების ნარჩენები. ბეტონის მაღალი სიმტკიცე და ამტანობა სხვადასხვა სახის ზემოქმედებაზე – ძალურ, ატმოსფერულ, აგრესიულ, მათ შორის რადიაციაზე, შეუცვლელ სამშენებლო მასალად განიხილება.

როგორც ცნობილია ბეტონი ცუდად ეწინააღმდეგება გაჭიმვას, აქვს დაბალი წინაღობა გაჭიმვაზე შედარებით კუმშვის წინააღობასთან.

## 2. ძირითადი ნაწილი

როგორც შესავალში იყო აღნიშნული რკინაბეტონი კონსტრუქციების ძირითადი შემადგენელი სამშენი მასალა ბეტონია, რომელიც ხასიათდება მაღალი სიმტკიცით კუმშვაზე და დაბალი სიმტკიცით გაჭიმვაზე. ბეტონს გამყარებისას უჩნდება ჯდენის ბზარები, რომელიც დაკავშირებულია ტენიანობის შემცირებასთან, ასევე დატვირთვით გამოწვეული ნორმალური და ძვრის ბზარები.

ბეტონის ჯდენა კონსტრუქციისათვის ან მის რომელიმე ნაწილისათვის საშიშია არა მარტო გეომეტრიული ზომების შეცვლის გამო, არამედ მასში წარმოქმნილი გამჭიმვი ძაბვების გამო, რომელიც ხშირად იწვევენ გამჭოლ და ზედაპირულ ბზარებს.

-

«

»

ტრადიციული გზით ჯდენის ბზარების გაჩენის შემცირება შეიძლება წყლის რაოდენობის შემცირებით, რომელიც მიღწეულია სხვადასხვა ქიმიური დანამატების გამოყენებით, შემკვრელის შემცირებით და შემავსებელი მასალის ფრაქციის შემცირებით. დანამატების რაოდენობა (ალუმინატები) ხელს უწყობენ ბეტონის ჯდენის დეფორმაციას.

ჯდენის ბზარების და დეფორმაციის შესამცირებლად ვ. მიხაილოვის [1] შრომების მიხედვით ექსპერიმენტალურად დადგენილია, რომ გამაფართოებელი ელემენტის გამოყენება ხელს უშლის ჯდენის ბზარებს და დეფორმაციას. სევე კარგ შედეგს იძლევა დამძაბავი ცემენტების გამოყენება. ვ. მიხაილოვის ცდების მიხედვით ირკვევა, რომ ასეთ შემთხვევაში გამყარების დროს იზრდება ბეტონის მოცულობა, რომელიც ეწინააღმდეგება ჯდენის ბზარების წარმოქმნას.

პრაქტიკულად ამ პროცესის განხორციელება შესაძლებელია სპეციალური ქიმიური დანამატების გამოყენებით უშუალოდ ცემენტის დამზადებისას ან ბეტონის დამამზადებელ კვანძში.

მრავალი მკვლევარის თეორიულ-ექსპერიმენტული კვლევები მიმართული იყო ისეთი შემკვრელის შესაქმნელად, რომლის გამოყენება ბეტონში არა მხოლოდ დაარეგულირებდა ჯდენის ბზარებს და დეფორმაციას, არამედ გამყარების დასაწყის ფაზაში შესაძლებელი გახდებოდა მთლიანი მასის მოცულობითი გაფართოება, რაც რეალურად შესაძლებელი გახდა ჰიდროსულფოალუმინატკალციის (ეტრინგიტი) აღმოჩენით, რომელსაც მოგვიანებით “ცემენტის ბაცილა” ეწოდა. კვლევები ამ მიმართულებით დღემდე გრძელდება.

1953 წელს ცნობილი ფრანგი მკვლევარი ი. გიონითავის მონოგრაფიაში წერდა, თუ მიღწეული იქნება გამაფართოებელი ელემენტის გამოყენებით ბეტონის მნიშვნელოვანი გაფართოება, მივიღებთ სასურველ შედეგებს ჯდენისა და დეფორმაციის ბზარების უგულვებელსაყოფად.

ჯდენის ბზარებისაგან განსათავისუფლებელ რკინაბეტონის დიდძალიან კონსტრუქციას მიეკუთვნება მაღლივი კარკასული შენობების ქვეშ მდებარე საძირკვლის ფილა, რომელიც მუდმივივად განიცდის გრუნტის წყლების ზემოქმედებას, რომელიც თბილისის ყველა რაიონში უხვად არის წარმოდგენილი.

ჯდენის ბზარების არ არსებობის შემთხვევაში ბეტონის სიმტკიცე მკვეთრად იზრდება, ასევე იზრდება ექსპლუატაციის ვადები.

საძირკვლის ფილაში მტკიცე, უბზარო ბეტონისათვის საჭიროა არ იქნება ჰიდროიზოლაცია, რომელიც შენობების აგებისას ყველა საძირკველს ჭირდება და თანხის დიდი ნაწილია გამოყოფილი; მიღებულმა ეკონომიამ შეიძლება (10÷15)% გადააჭარბოს.

ძალიან მძიმე მდგომარეობაში არიან სახურავის რკინაბეტონის ფილები. ისინი გარდა ჯდენის, ნორმალური და განივი ძვრის ბზარების არსებობისა, განიცდიან ტემპერატურულ, ატმოსფერულ და სხვა ზემოქმედებას, რომელიც ძლიერ აზიანებს როგორც ბეტონს ასევე არმატურას, ბზარების დატენიანება ზამთრის პირობებში იწვევს გაყინვას, რაც იწვევს ბეტონის კვების ნაწილებად დაყოფას.

აღბათ ძნელი გასაგები არ არის ბეტონის და რკინაბეტონის ბზარმდგომის უზრუნველყოფის მნიშვნელობა, არსებული გაანგარიშებების სრულყოფა რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის მეთოდების გამოყენებით.



არსებულ ნორმებში, რომელიც მემკვიდრეობით გადმოგვეცა ყოფილი საბჭოთა კავშირიდან, რღვევის მექანიკის მეთოდები გათვალისწინებული არ არის. დაამყაროქტებლები დღესაც შემოიფარგლებიან საიმედოობის კოეფიციენტის გაზრდით, რაც ვერ პასუხობს ბზარმდეგობის მოთხოვნებს, ჩვენის აზრით არასწორია.

მრავალი ექსპერიმენტული კვლევების შედეგად ცნობილია, რომ რკინაბეტონის ელემენტების ბზარმდეგობაზეა დამოკიდებული ნაგებობების უსაფრთხო ექსპლუატაცია და ხანმდეგობა.

სახურავის ფილების ბზარმდეგობის ამადლება, ისე როგორც საძირკვლის ფილის გამორიცხავს წყალსაიზოლაციო ფენის მოწყობას, რომელზედაც საკმაო რაოდენობის დაფინანსებაა გამოყოფილი.

### 3. დასკვნა

თუ გვინდა უსაფრთხო შენობა-ნაგებობები, აუცილებელია:

- 1) პროექტირების სტადია შიგა ანგარიშებში უნდა იქნას გათვალისწინებული რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის მეთოდები;
- 2) უზრუნველყოფილი იქნას ბეტონის მაღალი სიმტკიცე კუმშვასა და გაჭიმვაზე, ახალი მასალებისა და ტექნოლოგიების გამოყენების და დანერგვით.
- 3) ფართოდ უნდა დაინერგოს გამფართოებელი ცემენტების გამოყენება რკინაბეტონის და ბეტონის კონსტრუქციების დამზადებისას.
- 4) სასურველია რკინაბეტონის დიდმალიან კონსტრუქციებში გამოვიყენოთ წინასწარი დაბაბვა, რომელიც მკვეთრად ადიდებს კონსტრუქციის სიხისტეს, ბზარმდეგობას, მაღალი სიმტკიცის მასალების გამოყენება ამცირებს არმატურის ხარჯს.

აი, საიდან უნდა დავიწყოთ შენობების ღირებულების შემცირება

### ლიტერატურა

1. ... , ... - ... . 1974.235 .
2. პირადლოვი, კ. პირადლოვი, ლ. კახიანი, გ. იოსებაშვილი. ბეტონისა და რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის საფუძვლები, თბილისი, 1987წ. 70გვ.
3. ... , ... , ... - ... , ... , 1999 . 248 .
4. ... , ... , ... - ... , ... ,, 2000, 510 .

თბილისის ბამფვანებისა და რეკონსტრუქციული ლანდშაფტების  
დაცვა-განვითარების საკანონმდებლო ბაზა

ა. ლალიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, კოსტავას ქ. №77, 0175, თბილისი,  
საქართველო).

*რეზიუმე:* სტატიაში განხილულია თბილისის ქალაქმშენებლობითი განვითარების პროცესი სარეკონსტრუქციო ლანდშაფტის თუ საპარკო ინფრასტრუქტურის განვითარების კუთხით და დღეისთვის არსებული საკანონმდებლო ბაზა: კანონების და მათი კანონქვემდებარე ნორმატიული აქტების ზოგადი ხასიათის ნორმა-პრინციპები.

*საკვანძო სიტყვები:* ლანდშაფტი, გამწვანება, ქალაქგეგმარება, თბილისის გენგეგმა, საკანონმდებლო ბაზა.

## 1. შესავალი

მწვანე მშენებლობის საკანონმდებლო-ნორმატიულ ბაზას საფუძველი ჩაეყარა საბჭოთა პერიოდში. რუსეთის იმპერიაში მომხდარი რევოლუციის შემდგომ პერიოდში, საქართველოში საბჭოთა რეჟიმის დამყარების პერიოდში შეიქმნა დედაქალაქის პერსპექტიული განვითარების კომპლექსური გენერალური გეგმა. რისი განახლებაც ხდებოდა ყოველ 25 წელიწადში, პროექტის რეალიზაციის გაანალიზების საფუძველზე, ახალი სოციალურ-ეკონომიკური, სანიტარულ-ჰიგიენური, ტექნიკური პროგრესის, სტრატეგიული მოთხოვნების და პირობების გათვალისწინებით.

## 2. ძირითად ნაწილი

1932-1934წწ. შედგა ქალაქის ისტორიაში პირველი გენერალური გეგმა, რომელიც აგრძელებს ქალაქის ხაზოვანი განვითარების ტენდენციებს: ქალაქი დაგეგმარებულია მდ. მტკვრისგასწვრივ, განივი შესვლებით ხეობაში, ხელსაყრელი ტერიტორიების ათვისებით და მდინარეზე ორმხრივი განაშენიანების მძლავრი კავშირებით. გენგეგმაზე მონიშნულია: “თბილისის ზღვა” და განვითარებულია რეკონსტრუქციული ზონით, ქალაქის სხვა ფუნქციური ზონები. ქალაქის გამწვანებას განსაკუთრებული ადგილი დაეთმო თბილისის მეორე გენერალურ გეგმაში (1954წ.). ქალაქმშენებლობაში ჩატარდა მნიშვნელოვანი ღონისძიებები.

1971 წელს დამტკიცდა თბილისის მესამე გენერალური გეგმა (1980-2000 წლებისათვის), რომელიც წინა გენერალური გეგმებისაგან განსხვავებით, ითვალისწინებდა:

ქალაქის ტერიტორიულ ზრდას არამარტო სივრცით, მდინარის გასწვრივ, არამედ განივადაც - ჩრდილოეთ-აღმოსავლეთით, “თბილისის ზღვის” გარშემო. ახლებური ხედვა იყო გათვალისწინებული თბილისის ცენტრისთვის - ტრადიციულ გრძივ ღერძს (რუსთაველისა და აღმაშენებლის პროსპექტები, სანაპიროები) ემატებოდა.

თბილისის პირობებში ასეთი გრძივი და განივი ქუჩების ქსელის შექმნამ შესაძლებელი გახადა მნიშვნელოვნად გაუმჯობესებულიყო ქალაქის განივება და სატრანსპორტო კავშირები. ამ წლებში გრძელდებოდა საპარკო მასივების შექმნის მნიშვნელოვანი სამუშაოები: ქ. თბილისის თავდაპირველი განაშენიანების დაგეგმარებაში ასახული იყო ლანდშაფტური და ბუნებრივ-კლიმატური პირობების თავისებურებები. მთებისა და ხეობების ფერდობების საფეხუროვანი განაშენიანება იძლეოდა დადებით შედეგებს აერაციის თვალსაზრისით. ძველი ქალაქის გეგმარებაში ასახული იყო როგორც ლანდშაფტის და კლიმატის ხასიათი, ასევე ქართველთა ყოფაცხოვრების ეროვნული

-

«

»

თავისებურებები. ქალაქის საცხოვრებელ კვარტალებში, სადაც მცირე იყო გამწვანებული ფართობები, ეკოლოგიური წონასწორობა მყარდებოდა დიდი ბაღებისა და ქალაქის ირგვლივ ვრცელი გამწვანებული ტერიტორიების არსებობით.

მიუხედავად საბჭოთა პერიოდის თბილისის გამწვანებისა და კეთილმოწყობის მიმართულებით გარკვეული მიღწევებისა, კომუნისტურმა სისტემამ ძალიან ბევრი ლანდშაფტურად გაუმართავი უბნები და მძიმე შეცდომები დაუშვა თბილისის ქალაქგეგმარებითი და ლანდშაფტურ-რეკრეაციული საკითხების გადაწყვეტისას.

შეცდომა იყო, ის, რომ:

თბილისის დასავლეთით და აღმოსავლეთით არსებული სასოფლო ტერიტორიების (დიდმის, გლდანის, ვარკეთილის და ა.შ.) გამწვანებული სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები შთანთქა უზარმაზარმა და სრულიად უსახო საცხოვრებელმა რიგებმა. ისედაც, ძალზე მცირეშიწიან საქართველოს დააკლდა ათასობით ჰექტარი სასოფლო სამეურნეო ტერიტორიები, რითაც დიდი ეკონომიური, ეკოლოგიური და ა.შ. ზარალი მოუტანა ქვეყანას.

გარდა ამისა:

ქალაქის ქუჩებისა და მოედნების გამწვანება ხდებოდა არა ლანდშაფტის დიზაინის პრინციპებისა და მეთოდების გამოყენებით, არამედ, ქუჩებსა და პროსპექტებზე ხეების მწკრივებად განლაგებით. ასევე დაბალი იყო ბაღებისა და პარკების მხატვრულ-კომპოზიციური გადაწყვეტა და მცირე არქიტექტურული ფორმების ხარისხი.

აღსანიშნავია, რომ საქართველოში პირველი სახელმწიფო გარემოსდაცვითი ორგანო – ბუნების დაცვის სახელმწიფო კომიტეტი ჯერ კიდევ 1975 წელს შეიქმნა.

მისი ძირითადი ფუნქცია იყო ბუნების დაცვის სფეროში სახელმწიფო კონტროლის განხორციელება და დარგთაშორისი კოორდინაცია. რეგიონებში ანალოგიური სამუშაოების ჩატარების მიზნით, იქმნებოდა ზონალური ინსპექციები და პიძრო ქიმიური ლაბორატორიები.

1989 წელს გაიზარდა რა სამსახურის როლი გარემოსდაცვით საქმიანობაში, სამსახურს შეეცვალა სტატუსი და მისი სახელწოდება ჩამოყალიბდა როგორც ქ. თბილისის მერიისგარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების რეგულირების კომიტეტი.

მწვანე მშენებლობის საკანონმდებლო-ნორმატიული ბაზა პოსტსაბჭოთა საქართველოში 90-იან წლებში სუსტად ვითარდებოდა. დღემდე ფაქტურად არ ჩამოყალიბებულა ახალი სოციალურ-ეკონომიკური ფორმაციები. კანონმდებლობის არ ქონა და სხვა მიზეზები ხელს უწყობს თბილისის ბაღების განადგურებასა და ამ მონაკვეთებზე ქალაქის განაშენიანების განთავსებას.

ქალაქმშენებლობითი განვითარების პროცესი სარეკრეაციო ლანდშაფტის თუ საპარკო ინფრასტრუქტურის განვითარების კუთხით რეგულირდება ბუნების დაცვის სამინისტროს მიერ გამოცემული კანონებით, რომლებიც არეგულირებენ ქალაქმშენებლობით საქმიანობას ეკოლოგიური ფაქტორების გათვალისწინებით.

ამ კანონებს შორის უნდა გამოიყოს 1996 წლის 10 დეკემბერს მიღებული N 519-ის კანონი „გარემოს დაცვის შესახებ“, რომელიც არეგულირებს სამართლებრივ ურთიერთობებს სახელმწიფო ხელისუფლების ორგანოებსა და ფიზიკურ და იურიდიულ (საკუთრებისა და ორგანიზაციულ სამართლებრივი ფორმის განურჩევლად) პირებს შორის გარემოს დაცვისა და ბუნებათსარგებლობის სფეროში (შემდგომ „გარემოს დაცვაში“) საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე მისი ტერიტორიული წყლების, საჰაერო სივრცის, კონტინენტური შეღვისა და განსაკუთრებული ეკონომიკური ზონის ჩათვლით.

კანონის ძირითადი მიზნებია:

ა) განისაზღვროს გარემოს დაცვის სფეროში სამართლებრივ ურთიერთობათა პრინციპები და ნორმები;

-

«

»

- ბ) დაიცვას გარემოს დაცვის სფეროში საქართველოს კონსტიტუციით დადგენილი ადამიანის ძირითადი უფლებები - ცხოვრობდეს ჯანმრთელობისათვის უვნებელ გარემოში და სარგებლობდეს ბუნებრივი და კულტურული გარემოთი;
- გ) უზრუნველყოს სახელმწიფოს მიერ გარემოს დაცვა და რაციონალური ბუნებათსარგებლობა, ადამიანის ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხო გარემო საზოგადოების ეკოლოგიური და ეკონომიკური ინტერესების შესაბამისად და ახლანდელი და მომავალი თაობების ინტერესების გათვალისწინებით;
- გ)მიადწიოს ქვეყნისთვის დამახასიათებელი ფლორისა და ფაუნის იშვიათი, ენდემური, გადაშენების საფრთხის წინაშე მყოფი სახეობების შენარჩუნებას, ზღვის გარემოს დაცვას და ეკოლოგიური წონასწორობის უზრუნველყოფას; (06.06.2003. N2383).
- დ) შეინარჩუნოს და დაიცვას თვითმყოფადი ლანდშაფტები და ეკოსისტემები;
- ე) სამართლებრივად უზრუნველყოს გარემოს დაცვის სფეროში საერთო გლობალური და რეგიონალური პრობლემების გადაჭრა;
- ვ) დაიცვას და შეინარჩუნოს ადამიანის ჯანმრთელობისათვის უვნებელი (უსაფრთხო) გარემო:
- ზ) სამართლებრივად უზრუნველყოს გარემოს მავნე ზემოქმედებისაგან დაცვა;
  - თ) სამართლებრივად - უზრუნველყოს გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის შენარჩუნება და გაუმჯობესება;
  - ი) უზრუნველყოს საზოგადოების ეკოლოგიური, ეკონომიკური და სოციალური ინტერესების ოპტიმალური ურთიერთშეთანაწყოება (პარმონიული შეხამება);
  - კ) სამართლებრივად უზრუნველყოს ბუნებრივი რესურსებით სარგებლობის მართვა გარემოს პოტენციური შესაძლებლობებისა და მდგრადი განვითარების პრინციპების გათვალისწინებით.

ეკოლოგიური გარემოს დაცვის სხვა მარეგულირებელ დოკუმენტებს შორის უნდა აღინიშნოს -1999 წლის 22 ივნისის მიღებული N 2116 - III ს კანონიატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ.

კანონი, რომელიც დაკავშირებულია თბილისის ეკოლოგიურ დაცვასთან წარმოდგენილია 2000 წლის 10 ნოემბერს მიღებული N 594 - II ს ქალაქ თბილისის საზღვრებში და მიმდებარე ტერიტორიაზე არსებული მწვანე ნარგავებისა და სახელმწიფო ტყის ფონდის განსაკუთრებული დაცვის შესახებ. ამ კანონის შესაბამისად წარმოებს ქ. თბილისის საზღვრებში და მიმდებარე ტერიტორიაზე არსებული სახელმწიფო ტყით სარგებლობის რეგულაცია და აგრეთვე სახელმწიფო ტყის ფონდის მიწების განკარგვა. ამ კანონების ცხოვრებაში გატარებისათვის ამოქმედებულია ისეთი სახელმწიფო უწყება, როგორცაა - საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს სახელმწიფო საქვეუწყებო დაწესებულება – გარემოს დაცვის ინსპექცია.

აღნიშნული დაწესებულების საქმიანობის საკონონმდებლო ბაზა წარმოდგენილია გარემოს დაცვის სახელმწიფო კონტროლის შესახებ კანონით. ამავე სამინისტროს ასევე დავალებული აქვს ეკოლოგიური ექსპერტიზის შესრულება, რომლის საქმიანობის რეგულაცია წარმოებს 2007 წლის 14 დეკემბერის N 5603 – ს კანონით ეკოლოგიური ექსპერტიზის შესახებ.

ეკოლოგიური ექსპერტიზის ძირითად პრინციპებს წარმოადგენენ:

- ა) საქმიანობის პოტენციური ეკოლოგიური საშიშროების რისკის შეფასება;
- ბ) საქმიანობის დაწყებამდე გარემოზე მისი შესაძლო ზეგავლენის შეფასების კომპლექსურობა;
- გ) გარემოსდაცვით მოთხოვნათა და გარემოს დაცვის ნორმების გათვალისწინება;

- დ) ექსპერტთა უფლებამოსილების შეუზღუდავი განხორციელება;
- ე) ეკოლოგიური ექსპერტიზის დასკვნის დასაბუთებულობა და კანონიერება;
- ვ) საზოგადოებრივი ინტერესის გათვალისწინება.

2007 წლის 20 ნოემბერს. 5462– III გამოცდა კანონი – თბილისის ეროვნული პარკის შესახებ.

2007 წლის 22 ნოემბერს გამოცდა კანონი 5486\_III დაცული ტერიტორიების სტატუსის შესახებ, ხოლო 2013 წელს გამოცდა კანონი ბუნების ძეგლების შექმნისა და მართვის შესახებ. ეს კანონები არეგულირებს სამართლებრივ ურთიერთობებს ამ კანონით განსაზღვრული ბუნების ძეგლების სისტემის შექმნისა და მართვის სფეროში.

კავკასია, რომლის შემადგენელი ნაწილიც საქართველოა, ბუნების დაცვის მსოფლიო ფონდის (WWF) 200გლობალური ეკორეგიონის ნუსხაში შედის.

ბიომრავალფეროვნების შესახებ კონვენციას საქართველო შეუერთდა 1994 წელს, კონსტიტუციის მიღებამდე ერთი წლით ადრე, რამაც დიდი როლი ითამაშა გარემოს დაცვასთან დაკავშირებით ქვეყნის მიმართების განსაზღვრასა და ეროვნული კანონმდებლობის ჩამოყალიბებაში. გარდა ამისა, საქართველო მიერთებულია არაერთ მრავალმხრივ საერთაშორისო შეთანხმებას, რომელთა მიზნები და ამოცანები დაკავშირებულია ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციასთან.

2005 წლის 19 თებერვლის N27 მთავრობის დადგენილებით დამტკიცდა საქართველოს ბიომრავალფეროვნების დაცვის სტრატეგია და მოქმედებათა გეგმა. ამ დოკუმენტში საქართველოს ბიომრავალფეროვნების არსებული მდგომარეობის, პრობლემებისა და მასზე მოქმედისაფრთხეების გათვალისწინებით გამოიყო ცხრა ძირითადი საკითხი: დაცული ტერიტორიები, სახეობები და ჰაბიტატები, აგრობიომრავალფეროვნება, ნადირობა და მეთევზეობა, ბიომრავალფეროვნების მონიტორინგი, ბიუსაფრთხოება, გარემოსდაცვითი განათლება, საზოგადოებრივი ცნობიერება და საზოგადოების მონაწილეობა, ფინანსურ-ეკონომიკური პროგრამა, მდგრადი სატყეო მეურნეობა, საკანონმდებლო ასპექტები. თითოეული ამ საკითხისათვის მოცემულია ათ წელზე გათვლილი სტრატეგიული მიზნები და ამოცანები და მათი შესრულებისათვის საჭირო ხუთწლიანი მოქმედებათა გეგმა.

2005 წლის 5 სექტემბერს ქ. თბილისის გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების რეგულირების საქალაქო კომიტეტი მერიის სეკვესტრირებულ სამსახურების რიცხვში აღმოჩნდა და გაუქმდა. შესაბამისი მანდატი კი საქართველოს გარემოს დაცვის სამინისტროს გადაეცა. იგეგმებოდა გარემოს დაცვის სამინისტროს თბილისის რეგიონალური დეპარტამენტის შექმნა, თუმცა ჯერჯერობით ეს ვერ განხორციელდა.

გარემოს დაცვის სფეროში კონტროლი დაევალა სამინისტროს სტრუქტურას - გარემოს დაცვის ინსპექციას, რომელიც შეიქმნა სპეციალური კანონის საფუძველზე (საქართველოს კანონი “გარემოს დაცვის კონტროლის შესახებ” 2005 წ.).

საქართველოს არსებული კანონმდებლობის თანახმად, დაცული ტერიტორიები საქართველოში იქმნება უმნიშვნელოვანესი ეროვნული მემკვიდრეობის - უნიკალური, იშვიათი და დამახასიათებელი ეკოსისტემების, მცენარეთა და ცხოველთა სახეობების, ბუნებრივი წარმონაქმნებისა და კულტურული არეალების დასაცავად და აღსადგენად, მათი სამეცნიერო, საგანმანათლებლო, რეკრეაციული და ბუნებრივი რესურსების დამზოგავი მეურნეობის განვითარების მიზნით გამოყენების უზრუნველსაყოფად.

„თბილისის გარემოსდაცვითი სტრატეგია 2015-2020“ - დედაქალაქის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პრიორიტეტია. თბილისის გარემოსდაცვითი სტრატეგია ქალაქის მდგრადი

-

«

»

განვითარების წინაპირობაა. დოკუმენტის მიღება ქმედითი ნაბიჯია ქალაქის ეკოლოგიური მდგომარეობის გასაუმჯობესებლად. სტრატეგია ქალაქის მდგრადი განვითარების ხედვას, პრიორიტეტებსა და მიმართულებებს განსაზღვრავს, რაც სამომავლოდ თბილისელებისთვის უსაფრთხო და ჯანსაღ საცხოვრებელ გარემოს უზრუნველყოფს. დოკუმენტი გარემოზე უარყოფითი ზეგავლენის შემცირებას, გარემოს მდგომარეობის გაუმჯობესებას და საზოგადოებრივი ცნობიერების ამაღლებას ისახავს მიზნად. სტრატეგია დედაქალაქის მწვანე საფარისა და რეკრეაციული ზონების პასპორტიზაციასა და მონაცემთა ერთიანი ელექტრონული ბაზის შექმნასაც ითვალისწინებს. თბილისის მერიის ინიციატივით უკვე დაწყებულია ნარგავებისა და რეკრეაციული ზონების ელექტრონული აღწერის პროცესი. აღსანიშნავია, რომ დედაქალაქის ტერიტორიაზე მსგავსი აღწერა 1987 წლის შემდეგ არ ჩატარებულა. თბილისის გარემოსდაცვითი სტრატეგია როგორც სამთავრობო, ასევე არასამთავრო სექტორის წარმომადგენლების შენიშვნებისა და რეკომენდაციების გათვალისწინებით შემუშავდა.

### 3. დასკვნა

ამრიგად, დასკვნის სახით შეიძლება ჩამოყალიბდეს შემდეგი: 80-იანი წლებიდან დაწყებული დეგრადაციის პროცესების ფონზე დროთა განმავლობაში მიმდინარეობდა და დღესაც გრძელდება ტყეების გაჩეხვა, უკანონო თუ კვაზიკანონიერი მშენებლობები, საწარმოო ნარჩენებით ტერიტორიების დაბინძურება. ჩვენს დედაქალაქში ბოლო ათწლეულების განმავლობაში განვითარებულმა მოვლენებმა, მზარდმა ურბანიზაციამ, ქალაქური ცხოვრების დაჩქარებულმა ტემპმა, რასაც ემატება საზოგადოებისა და სახელმწიფო მმართველი ორგანოების უყურადღებობა და ინდიფერენტულობა, გამოიწვია ის უარყოფითი შედეგები, რაც ასე მძიმედ აისახა ჩვენი საარსებო გარემოს დეგრადაციაში. არადა, ტერიტორიების გამწვანებას და მათ რესტავრაცია-აღდგენას შეუძლია ურბანული ლანდშაფტის მთლიანად გარდაქმნა.

საქართველოში ბიომრავალფეროვნების დაცვის სფეროში მიღებულია შემდეგი კანონები: "გარემოს დაცვის შესახებ", "დაცული ტერიტორიების სისტემის შესახებ", "ცხოველთა სამყაროს შესახებ", "საქართველოს "წითელი ნუსხისა" და "წითელი წიგნის" შესახებ", "საქართველოს ტყის კოდექსი" და "საქართველოს წყლის კოდექსი". ეს კანონები და მათი კანონქვემდებარე ნორმატიული აქტები, წესით, უნდა წარმოადგენენ, როგორც ველური ბუნების შენარჩუნების, ისე საერთაშორისო კანონებისა და საერთაშორისო სამართლის მოთხოვნების ქვეყანაში დანერგვის მექანიზმს, თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ არც ერთ კანონს არ გააჩნია ორგანული კანონის სტატუსი. ამის შედეგად, ამ ნორმატიული აქტის უმნიშვნელოვანესი მუხლები ძალას კარგავენ, მოდიან რა წინააღმდეგობაში სხვა შემდგომ მიღებულ ნორმატიულ დოკუმენტებთან. ფაქტიურად, კანონი არ აღგენს ქვეყნის კონკრეტულ ნორმებს – ძირითადად იგი მოიცავს ზოგადი ხასიათის ნორმა-პრინციპებს, რომელთაგან ზოგიერთი ურთიერთსაწინააღმდეგოა.

### ლიტერატურა

1. საზოგადოებრივი აზრის კვლევისა და მარკეტინგის ინსტიტუტი. IPM- Research, თბილისის უძრავი ქონების აღწერილობითი კვლევა (census), სინდიკატური კვლევა, თბილისი, 2007.
2. სამხრეთ კავკასიის ქვეყნების უძრავი ქონების ბაზრი სამართლებრივი, ინსტიტუციური და ინფორმაციული საფუძვლების შემუშავება. <http://www.urbia.gol.ge>. სუა, ფონდის „ევრაზია“ ფინანსური მხარდაჭერით, 2000.
3. „ტერიტორიის არასასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მიწის გადასახადის ტერიტორიული კოეფიციენტის განსაზღვრის სარეკომენდაციო მეთოდიკა“. დამტკიცებულია საქართველოს ურბანიზაციისა და მშენებლობის მინისტრის და საქართველოს მიწის მართვის სახელმწიფო დეპარტამენტის თავმჯდომარის მიერ, 1998, 25 ნოემბერი.

ხიდისებური ნაგებობის ბაზანგარიშება ბეტონის  
ცოცვადობის დეფორმაციების გათვალისწინებით

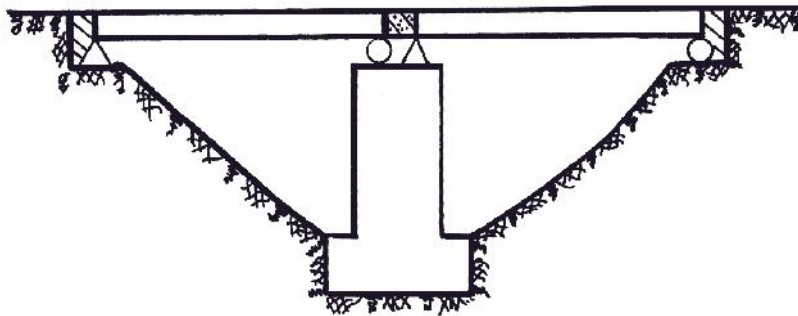
რ. ცხვედაძე, ზ. მაძალუა, დ. ტაბატაძე, დ. ჯანყარაშვილი  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. № 77,  
0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** ნაშრომში წარმოდგენილია რკინაბეტონის ხიდისებური ნაგებობების გაანგარიშება თანაბრადგანაწილებული დატვირთვის მოქმედებაზე ბეტონის ცოცვადობის დეფორმაციების გათვალისწინებით. განიხილება უმარტივესი ხიდისებური ნაგებობა ერთი შუალედური ბურჯით. ცოცვადობის დეფორმაციების გათვალისწინებას ვაწარმოებთ ცოცვადობის დაძველების თეორიის მიხედვით, რადგანაც რკინაბეტონის კონსტრუქციებში ეს თეორია საუკეთესოდ არის მიხვეული დატვირთვის მომენტში კონსტრუქციის სახე არ არის შეცვლილი.

**საკვანძო სიტყვები:** ხიდისებური ნაგებობა, ცოცვადობის დაძველების თეორია, გადაადგილებათა ცვლილებების თავსებადობის პირობები კოჭისა და შუალედური საყრდენი ბურჯის შეხების წერტილში.

## 1. შესავალი

ნაშრომში განიხილება უმარტივესი (ერთი შუალედური ბურჯის მქონე) ხიდისებური ნაგებობის განხორციელების ერთ-ერთი ყველაზე მეტად გავრცელებული მეთოდი: ჯერ აგებენ ორ სანაპირო და ერთ შუალედურ ბურჯს (საყრდენებს) და შემდეგ მათ აკავშირებენ კოჭებით (ნახ. 1). ამ დროს ბურჯებზე გადადის მხოლოდ კოჭების წონა შეყურსული ძალების სახით. ე.ი. ურთიერთქმედების ძალა შუალედურ ბურჯსა და კოჭებს შორის არ არსებობს.

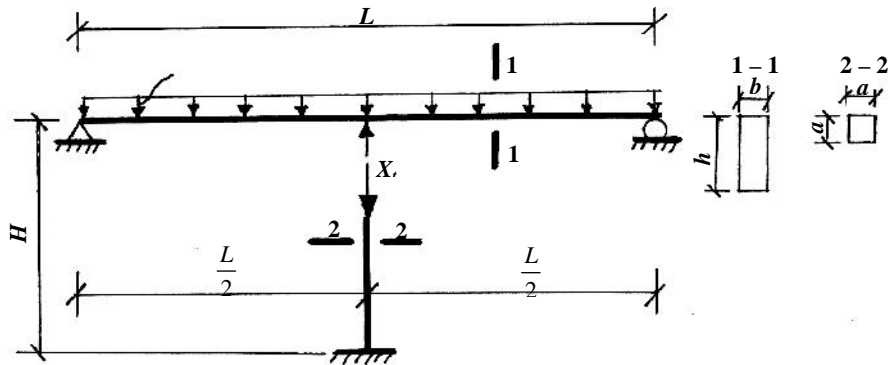


ნახ. 1

## 2. ძირითადი ნაწილი

შესავალში აღწერილი პროცედურის შემდეგ ხდება ამ კოჭების შუალედურ ბურჯზე განთავსებული პირაპირების გამონოლითება და ე.ი. ორი სტატიკურად რკვევადი კოჭის ერთ ერთჯერ სტატიკურად ურკვევ კოჭად გადაქცევა. დროის  $t=0$  მომენტისათვის ურთიერთქმედების  $X_1$  ძალა კოჭის გამონოლითების ზონასა და შუალედურ ბურჯს შორის ნულის ტოლია. გარკვეული დროის გასვლის შემდეგ

გამონოლითებულ კოჭში ცოცვადობის დეფორმაციების განვითარების გამო შუალედური ბურჯისა და გამონოლითებული ( $L$  სიგრძის) კოჭის შეხების წერტილში აღიძვრება ურთიერთქმედების  $X$  ძალა, რომელიც, რასაკვირველია, იქნება დროის ფუნქცია (ნახ.2).



ნახ. 2

კოჭის მაქსიმალური ჩაღუნვა  $q$  დატვირთვის მოქმედების შედეგად (როდესაც  $t > 0$ ) აღვნიშნოთ  $\Delta_t^{br(1)}$ -ით, ხოლო ბურჯის დამოკლება  $X_t$  ძალის მოქმედების შედეგად აღვნიშნოთ  $\Delta_t^{br(2)}$ -ით. ვინაიდან ეს დეფორმაციები დროში ცვალებადია (კერძოდ, როდესაც  $t = 0$ , ისინი არ არსებობენ), შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ დროის ნებისმიერი მომენტისათვის ამ გადაადგილებათა ცვლილებები ერთმანეთის ტოლი უნდა იყოს, ანუ

$$d\Delta_t^{br(1)} = d\Delta_t^{br(2)}. \quad (1)$$

ცოცვადობის დეფორმაციების გათვალისწინებას ვაწარმოებთ ცოცვადობის დაძველების თეორიის საშუალებით, რადგანაც ბეტონის კონსტრუქციებში იგი საუკეთესოაა მიჩნეული. მისი ძირითადი დიფერენციალური განტოლების ერთ-ერთი სახეა [1]

$$dV_t^{br} = dV_t + V_t d\zeta_t, \quad (2)$$

სადაც  $V_t^{br}$  არის სრული დეფორმაცია დროის  $t$  მომენტისათვის;  $V_t$  – დრეკადი დეფორმაცია  $t$  მომენტისათვის; ხოლო

$$\zeta_t = \zeta_k (1 - e^{-S t}) \quad (3)$$

არის ცოცვადობის მახასიათებელი დროის  $t$  მომენტისათვის;  $\zeta_k$  – ცოცვადობის საბოლოო მახასიათებელი ანუ  $\zeta_t$ -ს მნიშვნელობა, როდესაც  $t = \infty$ ;  $S$  – ცოცვადობის ზრდის სიჩქარის კოეფიციენტი.  $\zeta_k$  და  $S$  განისაზღვრებიან ექსპერიმენტებით და მოცემულია ცხრილებში ბეტონის ასაკისა და დამზადების პირობების გათვალისწინებით [2].

თუ გამოვიყენებთ (2)-ს, (1) ჩაიწერება როგორც ძალთა მეთოდის კანონიკური განტოლება შემდეგი დიფერენციალური განტოლების სახით:

$$-u^{(1)} dX_t - u^{(1)} X_t \cdot d\zeta_t^{(1)} + \Delta^{(1)} d\zeta_t^{(1)} = u^{(2)} dX_t + u^{(2)} X_t d\zeta_t^{(2)}$$

ანუ

$$(u^{(1)} + u^{(2)}) dX_t + (u^{(1)} d\zeta_t^{(1)} + u^{(2)} d\zeta_t^{(2)}) X_t = \Delta^{(1)} d\zeta_t^{(1)}, \quad (4)$$

სადაც  $u^{(1)}$  და  $u^{(2)}$  დრეკადი გადაადგილებებია შესაბამისად კოჭში და შუალედურ ბურჯში, რომლებიც გამოწვეულია  $X_t = 1$  შეყურსული ძალით.



-

«

»

$\Delta^{(1)}$  არის მაქსიმალური დრეკადი გადაადგილება  $L$  სიგრძის კოჭში, რომელიც გამოწვეულია მასზე მოქმედი თანაბრადგანაწილებული დატვირთვით.

ვინაიდან (3)-ში შემავალი  $S$  კოეფიციენტი ჩვეულებრივი ბეტონებისათვის მერყეობს ძალიან მცირე საზღვრებში, შეგვიძლია მივიღოთ, რომ ისინი ერთიდაიგივეა როგორც კოჭისათვის, ასევე შუალედური ბურჯისათვის. ამიტომ

$$\frac{\xi_t^{(2)}}{\xi_t^{(1)}} = \frac{d\xi_t^{(2)}}{d\xi_t^{(1)}} = \frac{\xi_k^{(2)}}{\xi_k^{(1)}} = k = const \quad (5)$$

ამ უკანასკნელის გათვალისწინებით და (4)-ის გაყოფით  $d\xi_t^{(1)}$ -ზე მიიღება

$$(u^{(1)} + u^{(2)}) \frac{dX_t}{d\xi_t^{(1)}} + (u^{(1)} + ku^{(2)}) X_t = \Delta^{(1)} \quad (6)$$

აღვნიშნოთ  $u^{(1)} + u^{(2)} = a$ ;  $u^{(1)} + ku^{(2)} = b$ ;  $\Delta^{(1)} = c$ .  
 მაშინ (6) გადაიწერება

$$a \frac{dX_t}{d\xi_t} + bX_t = c \quad (8)$$

ანუ  $a \left( \frac{dX_t}{d\xi_t} + \frac{b}{a} X_t \right) = c$  (9)

(9) გავამრავლოთ  $e^{\frac{b}{a}\xi_t}$ -ზე:  $a \left( \frac{dX_t}{d\xi_t} e^{\frac{b}{a}\xi_t} + \frac{b}{a} e^{\frac{b}{a}\xi_t} X_t \right) = c e^{\frac{b}{a}\xi_t}$  (10)

(10) წარმოვადგინოთ წარმობულების სახით. თუ გამოვიყენებთ ორი ფუნქციის (კერძოდ,  $X_t$  და  $e^{\frac{b}{a}\xi_t}$ ) ნამრავლის გაწარმოების წესს, შეგვიძლია დავწეროთ:

$$a \left( X_t e^{\frac{b}{a}\xi_t} \right)' = a \left( \frac{dX_t}{d\xi_t} e^{\frac{b}{a}\xi_t} + \frac{b}{a} e^{\frac{b}{a}\xi_t} X_t \right) \quad (11)$$

ხოლო  $ce^{\frac{b}{a}\xi_t}$  ფუნქციის წარმობულის სახით წარმოდგენა გვაძლევს:

$$ce^{\frac{b}{a}\xi_t} = c \frac{a}{b} \left( e^{\frac{b}{a}\xi_t} \right)' \quad (12)$$

შევიტანოთ (11) და (12) (10)-ში:

$$a \left( X_t e^{\frac{b}{a}\xi_t} \right)' = c \frac{a}{b} \left( e^{\frac{b}{a}\xi_t} \right)' \quad (13)$$

ეს უკანასკნელი შევკვეცოთ  $a$ -ზე და გავაინტეგრავოთ  $[0, \xi_t]$  შუალედში (გავიხსენოთ, რომ როდესაც  $t=0$  და ე.ი. (3)-ის თანახმად  $\xi_t=0$ ,  $X_t=0$ ):

$$\left[ X_t e^{\frac{b}{a}\xi_t} \right]_0^{\xi_t} = \frac{c}{b} \left[ e^{\frac{b}{a}\xi_t} \right]_0^{\xi_t} \quad (14)$$

ანუ  $X_t e^{\frac{b}{a}\xi_t} = \frac{c}{b} \left( e^{\frac{b}{a}\xi_t} - 1 \right)$  (15)

გავყოთ (15)  $ce^{\frac{b}{a}\xi_t}$ -ზე:

$$X_t = \frac{c}{b} \left( 1 - \frac{1}{e^{\frac{b}{a}\xi_t}} \right)$$

ანუ

$$X_t = \frac{c}{b} \left( 1 - e^{-\frac{b}{a} t} \right). \quad (16)$$

თუ გავითვალისწინებთ (7) აღნიშვნებს, (16) მიიღებს სახეს:

$$X_t = \frac{\Delta^{(1)}}{u^{(1)} + k u^{(2)}} \left( 1 - e^{-\frac{u^{(1)} + k u^{(2)}}{u^{(1)} + u^{(2)}} t} \right). \quad (17)$$

თუ ჩვენ გვინდა განვსაზღვროთ  $X_t$ -ს საბოლოო მნიშვნელობა, ე.ი.  $X_k$ , მაშინ (3) განტოლების თანახმად გვექნება

$$\xi_{t \rightarrow \infty} = \xi_k (1 - e^{-s \infty}) = \xi_k$$

და (17) გადაიწერება

$$X_k = \frac{\Delta^{(1)}}{u^{(1)} + k u^{(2)}} \left( 1 - e^{-\frac{u^{(1)} + k u^{(2)}}{u^{(1)} + u^{(2)}} t_k} \right). \quad (18)$$

$X_k$ -ს განსაზღვრის შემდეგ გამონოლითებულ (მთლიან) კოჭში გამოითვლება თანაბრადგანაწილებული დატვირთვისა და ამ ძალის ერთობლივი მოქმედებით გამოწვეული მაქსიმალური მღუნავი მომენტი.

**რიცხვითი მაგალითი:** დავუშვათ, რომ მე-2 ნახაზზე წარმოდგენილი ხიდისებური ნაგებობის ერთჯერ სტატიკურად ურკვევი სისტემის პარამეტრებია:  $L=10$  მ;  $b=0,2$  მ;  $h=1$  მ;  $H=3$  მ;  $a=0,2$  მ;  $q=0,2$  კნ/სმ;  $\xi_k^{(1)}=1$ ;  $\xi_k^{(2)}=2$ ;  $E^{(1)}=E^{(2)}=2 \cdot 10^3$  კნ/სმ<sup>2</sup>.

მასალათა გამძლეობის კურსიდან ცნობილია, რომ ორ საყრდენზე მდებარე სტატიკურად რკვევადი კოჭის მაქსიმალური ჩაღუნვა თანაბრადგანაწილებული დატვირთვის მოქმედების შემთხვევაში არის მალის შუაში და განისაზღვრება ფორმულით:

$$\Delta^{(1)} = \frac{5}{384} \cdot \frac{qL^4}{EI} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,2(10^3)^4}{2 \cdot 10^3 \frac{20(10^2)^3}{12}} = 0,78 \text{ სმ} \quad (19)$$

ხოლო მალის შუაში მოდებული  $X_t=1$  კნ ძალისაგან კოჭის მაქსიმალური ჩაღუნვა

$$u^{(1)} = \frac{X_t \cdot L^3}{48 EI} = \frac{(10^3)^3}{48 \cdot 2 \cdot 10^3 \frac{20(10^2)^3}{12}} = 0,00625 \text{ სმ}. \quad (20)$$

$X_t=1$  კნ ძალისაგან შუალედური ბურჯის (დგარის) სიგრძის შემცირება

$$u^{(2)} = \frac{X_t \cdot H}{EA} = \frac{300}{2 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 20} = 0,00038 \text{ სმ}.$$

მე-(5)-ს თანახმად  $K = \frac{2}{1} = 2$ .

ახლა უკვე შეგვიძლია განვსაზღვროთ (6) განტოლების კოეფიციენტები:

$$u^{(1)} + u^{(2)} = 0,00625 + 0,00038 = 0,00663 \text{ სმ} \quad (21)$$

$$u^{(1)} + k u^{(2)} = 0,00625 + 2 \cdot 0,00038 = 0,00701 \text{ სმ}, \quad (22)$$

(18)-ის თანახმად: 
$$X_k = \frac{\Delta^{(1)}}{u^{(1)} + k u^{(2)}} \left( 1 - e^{-\frac{u^{(1)} + k u^{(2)}}{u^{(1)} + u^{(2)}} t_k} \right) = \frac{0,78}{0,00701} \left( 1 - e^{-\frac{0,00701}{0,00663} 1} \right) = 111,27(1 - e^{-1,06}) =$$

$$= 111,27(1 - 0,3465) = 111,27 \cdot 0,6535 = 72,7 \text{ კნ}. \quad (23)$$

-

«

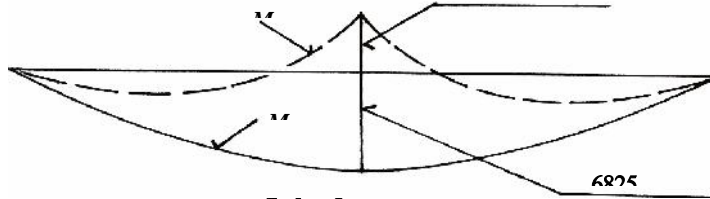
»

ახლა გამოვთვალოთ კოჭის მაქსიმალური მდუნავი მომენტი, რომელიც თანაბრადგანაწილებული დატვირთვის მოქმედებისაგანაა გამოწვეული. გაანგარიშებას ვახდენთ ისევე მასალათა გამძლეობის კურსიდან ცნობილი ფორმულით:

$$M_{\max}^q = \frac{qL^2}{8} = \frac{0,2 \cdot (10^3)^2}{8} = 25000 \text{ კნ.სმ.} \quad (24)$$

ხოლო კოჭის მაქსიმალური მდუნავი მომენტი, რომელსაც იწვევს  $X_k$  ძალა, იქნება

$$M_{\max}^{X_k} = X_k \cdot \frac{L}{4} = 72,7 \cdot \frac{1000}{4} = 18175 \text{ კნ.სმ.} \quad (25)$$



ნახ. 3

ფაქტიური მაქსიმალური მომენტი კოჭში იქნება:

$$M_k = M_{\max}^q - M_{\max}^{X_k} = 25000 - 18175 = 6825 \text{ კნ.სმ.} \quad (26)$$

ცოცვადობის დეფორმაციების გათვალისწინების გარეშე ძალთა მეთოდის კანონიკური განტოლების სახე იქნება:

$$u^{(1)} X_0 - \Delta = -u^{(2)} X_0 \quad (27)$$

აქედან

$$X_0 = \frac{\Delta^{(1)}}{u^{(1)} + u^{(2)}} = \frac{0,78}{0,00663} = 117,65 \text{ კნ.} \quad (28)$$

(25)-ის ანალოგიურად

$$M_{\max}^{X_0} = X_0 \cdot \frac{L}{4} = 117,65 \cdot \frac{1000}{4} = 29413 \text{ კნ.სმ.} \quad (29)$$

ამ დროს ფაქტიური მაქსიმალური მომენტი კოჭში იქნება

$$M_0 = M_{\max}^q - M_{\max}^{X_0} = 25000 - 29413 = -4413 \text{ კნ.სმ.} \quad (30)$$

კოჭის მდუნავი მომენტების ეპიურები ორივე შემთხვევაში ნახვენებია მე-3 ნახაზზე.

### 3. დასკვნა

როდესაც დატვირთვის მომენტისათვის ნაგებობების საანგარიშო სქემა (რკვევადი და ურკვევი) უცვლელია გარკვეული დროის გასვლის შემდეგაც, ცოცვადობის დეფორმაციები იცვლებიან ძაბვის შეუცვლელად. იმისათვის, რომ ცოცვადობამ შეცვალოს კონსტრუქციის დაბაბული მდგომარეობა, საჭიროა მისი დატვირთვის მომენტისათვის თვით კონსტრუქციის სახე იყოს შეცვლილი, როგორც განხილულ მაგალითში მოხდა. სახელდობრ, სტატიკურად რკვევადი ორი კოჭი დატვირთვის მომენტში შეცვლილია ახალი სქემით – ერთჯერ ურკვევი კოჭით.

ზოგადად შეიძლება ითქვას, რომ ცოცვადობის დეფორმაციები მხოლოდ მაშინ ცვლიან კონსტრუქციის დაბაბულობას, როდესაც მისი საანგარიშო სქემა იცვლება. კერძოდ, როდესაც კონსტრუქციის სტატიკურად ურკვევადობის ხარისხი იზრდება.

### ლიტერატურა

1. . . . . , . XXVIII, 3, 1962. c. 72-76
2. DIN 4227. Berlin, 1953. p.115

**ბარე სამყაროს გავლენა სარკინიგზო ტრანსპორტის უსაფრთხო მოძრაობაზე**

**მ. მოისწრაფიშვილი, ლ. ანდლულაძე**  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 0175 მ. კოსტავას 77,  
საქართველო, თბილისი)

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია გარე სამყაროს გავლენა სარკინიგზო ტრანსპორტის უსაფრთხო, შეუფერხებელ და უწყვეტ მოძრაობაზე, როგორც ერთერთი საყურადღებო ფაქტორისა, რომელსაც საქართველოში არ ექცევა სათანადო ყურადღება. აღნიშნულია, რომ გარემოს ზეგავლენის გამო სარკინიგზო სამსახურების მუშაობის შეფერხების, გაჩერების (უარის) მიზეზი აღწევს 17 %-ს და მისი უგულვებელყოფის შემთხვევაში იზრდება ტექნოგენური კატასტროფის მოხდენის ალბათობა, რომლის შედეგად უმეტეს შემთხვევაში, გარდა მნიშვნელოვანი მატერიალური ზარალისა, შესაძლებელია მოხდეს გარემოს ძალზე დიდი მასშტაბების მყისიერი დაზიანება. სტატიაში შემოთავაზებულია სარკინიგზო ტრანსპორტის საწარმოების სტრუქტურებში განსახორციელებელი ღონისძიებები.

**საკვანძო სიტყვები:** უსაფრთხო მოძრაობა, გარე სამყაროს გავლენა, სარკინიგზო ტრანსპორტი.

## 1. შესავალი

სარკინიგზო ტრანსპორტი არის რთული ინფრასტრუქტურული სისტემა, რომელიც განსაზღვრავს ქვეყნის ეკონომიკის მომავალ განვითარებას. ეფექტური სარკინიგზო გადაზიდვების პროცესის უმნიშვნელოვანესი კომპლექსური მაჩვენებელია სხვადასხვა დანიშნულების მატარებლების (სამგზავრო, სატვირთო, სატვირთო-სამგზავრო, საერთაშორისო მიმოსვლების და სხვა) უსაფრთხო მოძრაობა.

რკინიგზაზე უსაფრთხო მიმოსვლისათვის და გადაზიდვების პროცესის რენტაბელურობისათვის აუცილებელია სისტემური მიდგომის გზით მინიმუმამდე იქნას დაყვანილი ტექნიკური საშუალებების ყველა სახის მტყუნება.

რკინიგზაზე მოძრაობის უსაფრთხოების სისტემურად უზრუნველსაყოფად და გადაზიდვების პროცესის ფუნქციონალური სტრატეგიის რეალიზებისათვის, მისი გარანტირებული უსაფრთხოებისა და საიმედოობისათვის მრავალი ქვეყნის ტრანსპორტის სამინისტროების მიერ შემუშავებულია სტანდარტები, მითითებები, ბრძანებები და წესები, რომელთა დაცვა სავალდებულოა და რომლებიც ერთობლიობაში ქმნიან ნორმატიულ დოკუმენტაციას, რასაც უნდ ადაფუძნოს ყველა გადაწყვეტილება: დაპროექტება იქნება ეს, მშენებლობა თუ რეაბილიტაცია-რეკონსტრუქცია ან მოდერნიზაცია.

აღსანიშნავია, რომ მტყუნების წარმოშობის ერთერთი მიზეზი არის გარე სამყაროს ზეგავლენა სარკინიგზო ტრანსპორტზე. სტატიაში ყურადღება შევაჩერეთ აღნიშნულ საკითხზე, ვინაიდან საქართველოში მას არ ეთმობა საგანგებო ყურადღება და გარე სამყაროს ზეგავლენისგან დაცვა მოაზრებულია მხოლოდ გეგმიური

სამუშაოების შემადგენლობაში, ისიც ნაწილობრივ და არა მისი შესაძლო ზემოქმედების მასშტაბების სრული წარმოდგენით.

## 2. ძირითადი ნაწილი

როგორც ცნობილია, მატარებელთა სარკინიგზო მოძრაობისა და მანევრირების უსაფრთხოების დარღვევა კლასიფიცირდება როგორც სატრანსპორტო მოძრაობისას შემთხვევებით და აგრეთვე, ისეთი შემთხვევებით, რომლებიც გამოწვეულია რკინიგზის ტრანსპორტზე საექსპლუატაციო წესების დარღვევებით. თავის მხრივ სატრანსპორტო შემთხვევები შეიძლება იყოს გამოწვეული გარეგანი ზემოქმედებითაც. ასეთად შეიძლება განვიხილოთ დატბორვა, ხანძარი, მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედება, ზვავი, უხვთოვლიანობა და ა.შ. აგრეთვე, ნებისმიერი გარე ფაქტორის ზემოქმედებით ინფრასტრუქტურული კონსტრუქციების მთლიანობის რღვევა, რომლებიც იწვევს თუნდაც ლიანდაგის ერთ ხაზზე მოძრაობის პარალიზებას ერთი საათით ან მეტი დროით.

აქვე უნდა ყურადღება გავამახვილოთ 2015 წლის 13 ივნისის ქ. თბილისში მომხდარ სტიქიურ უბედურებაზე, რომელიც თვალსაჩინოდ წარმოადგენს გარე სამყაროს ზემოქმედებით საგზაო ინფრასტრუქტურის მოშლის მაგალითს და დამდგარ შედეგებს, როდესაც ის თავისი დამხმარე ნაგებობებით ფაქტობრივად მოუმზადებელი შეხვდა სტიქიას და დადგა იმაზე სავალალო შედეგები, ვიდრე დადგებოდა პრევენციული ღონისძიებების გატარების შემთხვევაში. აღნიშნული ფაქტი მოყვანილია პარალელის გასაწვებად, როგორც სარკინიგზო ინფრასტრუქტურის მსგავსი ინფრასტრუქტურისა.

დღეისათვის დადგენილია საგზაო ინფრასტრუქტურის მუშაობის შეწყვეტის შემდეგი სახეები: საექსპლუატაციო, საწარმოო, კონსტრუქციული, დეგრადაციის, შინაგანი. ჩვენ ვთვლით, რომ საჭიროა ამ მიზეზებს დაემატოს ჩვენთვის ამ ეტაპზე საინტერესო, გარემო ფაქტორებით მოძრაობის შეწყვეტის განმარტებაც.

მოძრაობის შეწყვეტა გარემო ფაქტორების ზემოქმედებით ხდება სტიქიური უბედურებისას, მომსახურე პერსონალის მიერ არასათანადოდ შესრულებული ან/და უგულვებელყოფილი სამუშაოების ან ორგანიზებული ჯგუფური დანაშაულების ქურდობის, ვანდალიზმის ან/და ტერორისტული აქტების შემთხვევებში.

სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტების მიერ შემუშავებულ ინსტრუქციებში ტექნიკური საშუალებების გაჩერება/გამორთვის გამომწვევი მიზეზები სახელდება როგორც ფაქტორები, რომლებიც იწვევენ სატრანსპორტო შემთხვევებს და მასთან დაკავშირებულ სახიფათო მოვლენებს. ეს ფაქტორები მნიშვნელოვნად მოქმედებენ საექსპლუატაციო მაჩვენებლებზე, ღირებულებაში გამოხატულ დანაკარგებზე და მათთან დაკავშირებულ რისკებზე.

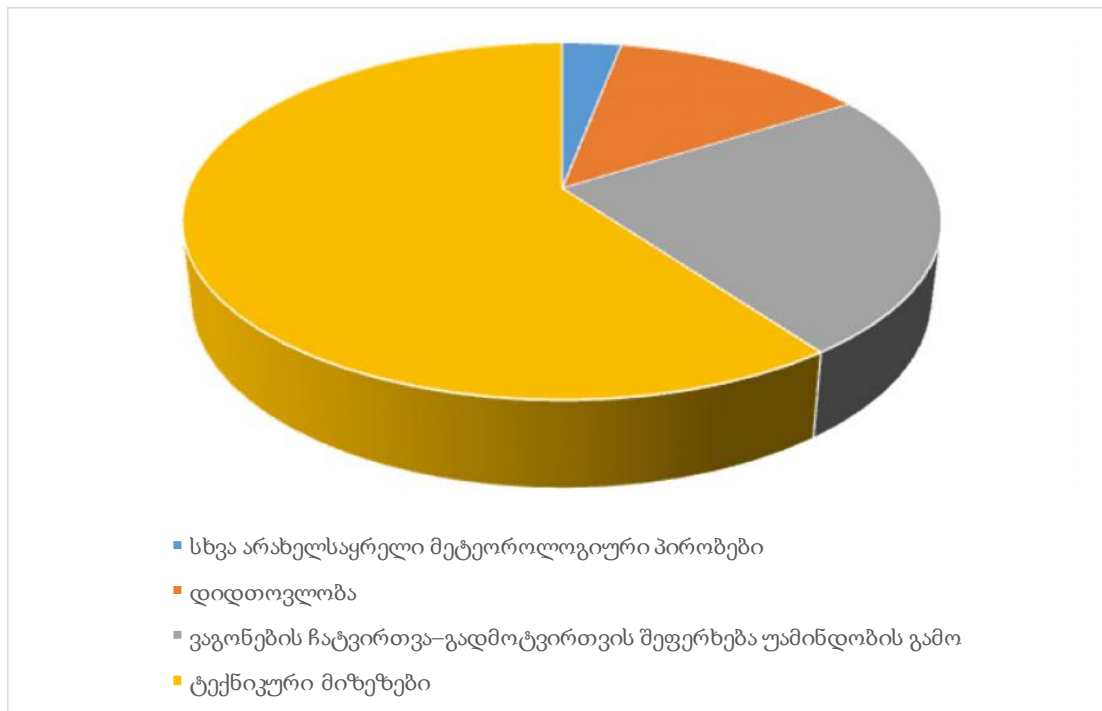
როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ გარემო ზემოქმედებიდან ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ფაქტორად ითვლება უამინდობა, რომელიც შეიძლება გახდეს მთელი რიგი სტიქიური უბედურობების საფუძველი, როგორცაა: ხანძარი, დატბორვა, სეფური ნაკადების ჩამოსვლა, ზვავის ჩამოწოლა და სხვა.

მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარების უახლესი მიღწევების საფუძველზე გადაიარაღებული სარკინიგზო ტრანსპორტი, მოძრაობის პროცესების კომპიუტერიზაცია და ავტომატიზაცია კიდევ უფრო დამოკიდებულს ხდის მას ამინდსა და კლიმატურ პირობებზე. ტექნიკური სამსახურების მუშაობა, განსაკუთრებით გზების საექსპლუატაციო სამსახური, ელექტროფიკაცია, კავშირგაბმულობა უშუალოდაა

დამოკიდებული გარემო ბუნებრივ ფაქტორებზე. სარკინიგზო სამსახურების მუშაობის შეფერხების, გაჩერების (უარის) მიზეზი 17% -შია რის ბუნებრივი ფაქტორები, ეს კი არის პირდაპირი გავლენა მატარებელთა მოძრაობის სამ ძირითად მახასიათებლებზე: შეუფერხებლობაზე, უსაფრთხოებაზე და მათ უწყვეტობაზე.

მატარებელთა მოძრაობის შეფერხების 13% მოდის დიდ თოვლობისას. ვაგონთა დატვირთვა-ჩამოტვირთვის შეფერხებების 23% იწვევს ძლიერი ქარი და ყინვები, 4% გამოწვეულია სხვა არახელსაყრელი, საშუალო წლიური მაჩვენებლებიდან გადახრილი კრიტიკული მეტეოროლოგიური პირობებით, ხოლო დანარჩენი კი ტექნიკური საშუალებებისა და ინფრასტრუქტურის მუშაობის ხარვეზებზე.

მატარებელთა მოძრაობის შეფერხების მიზეზების პროცენტული წილი ნაჩვენებია ნახაზზე 1.



ნახ. 1. მატარებელთა მოძრაობის შეფერხების მიზეზების პროცენტული წილი

მოძრაობის უსაფრთხოებაზე პირდაპირი გავლენა აქვს ნაკადებისა და ზვავების მოძრაობის პროცესებს: მიწის ვაკისის გამორეცხვებს უხვნალექიანობის დროს. ასეთ შემთხვევებს შეიძლება მოყვეს მოძრაობის შეფერხება 8-10 სთ-ით და მეტი ხნითაც. თუ გვექნება ე. წ. სასიგნალო წერტილები, რომლებიც წინასწარ გვაცნობებენ მოსალოდნელ სტიქიას, მაშინ გვრჩება სამოქმედო დრო რომ მოვემზადოთ სათანადოდ და შეძლებისდაგვარად აღგვევითოს მოსალოდნელი უბედურება. მაგ. შეიზღუდოს მატარებლების მოძრაობა აღნიშნულ უბნებზე (შეწყდეს მატარებელთა მოძრაობა ან შემცირდეს მათი სიჩქარეები და საშვებ მნიშვნელობამდე). მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარების თანამედროვე პირობებში თითქმის პროგნოზირებადია მოსალოდნელი უამინდობა, რასაც შეიძლება მოყვეს ესა თუ ის სტიქიური უბედურება, ანუ შესაძლებელია გაკეთდეს ანალიზი მოსალოდნელ ბუნებრივ ტექნოგენური კატასტროფების შედეგებზე და შემუშავდეს იქნას ღონისძიებები მათი დროული ნაწილობრივი ან სრულად აღმოსაფხვრელად. აღსანიშნავია, რომ მატარებელთა

-

«

»

მოძრაობის უსაფრთხოებაზე გარე სამყაროს ზეგავლენა მინიმუმადე არის დაყვანილი დღეისათვის გამოყენებული თანამედროვე ტექნიკური საშუალებების ხარჯზე.

რკინიგზის ტრანსპორტის შეუფერხებელი და უსაფრთხო მოძრაობის უზრუნველყოფისთვის აუცილებელია განხორციელდეს სადღეღამისო უწყვეტ რეჟიმში ჰიდრმეტეოროლოგიური მონიტორინგი.

ასეთი ამოცანების გადაჭრის გასაადვილებლად აუცილებელია შეიქმნას ერთიანი პროგნოზულ ინფორმაციული სისტემა, მაგ. რკინიგზების ელექტრონული რუკები, რომელშიც ავტომატურ რეჟიმში თავს მოიყრის მეტეოროლოგიური სადგურები დან ინფორმაცია. მათზე დაყრდნობით შეიქმნება შედეგების ერთიანი ბაზა, რომლის საფუძველზეც შემუშავდება მოსალოდნელი კატასტროფების სავარაუდო სცენარები და მათი პრევენციული ღონისძიებები. ყოველივე ეს თავის მხრივ უზრუნველყოფს ტექნოგენური კატასტროფებისას ტექნიკური საშუალებების უმტყუნებელი მუშაობისა და მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოების ამაღლებას, საექსპლოატაციო სამუშაოების ოპერატიული მართვის დახვეწას და რისკების შემცირებას.

### 3. დასკვნა

ვინაიდან, გარე სამყაროს გავლენა სარკინიგზო ტრანსპორტის უსაფრთხო, შეუფერხებელ და უწყვეტ მოძრაობაზე ახდენს მნიშვნელოვან ზეგავლენას. მათი გავლენის უზუღვებელყოფის შემთხვევაში იზრდება ტექნოგენური კატასტროფის მოხდენის ალბათობა, რომლის შედეგები უმეტეს შემთხვევაში, გარდა მნიშვნელოვანი მატერიალური ზარალისა, შექმნის გარემოს ძალზე დიდი მასშტაბების მყისიერ დაბინძურებას. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია:

1. რეგიონის კლიმატურ-გეოგრაფიული მდებარეობის მიხედვით თითოეული არსებული ან ახლად ასაშენებელი სარკინიგზო მაგისტრალისთვის ცალ-ცალკე შედგეს გარემოსგან საგზაო ობიექტის დაცვის კომპლექსური ღონისძიებები;
2. შეიქმნას ეკოლოგიური მონიტორინგის სამსახურები, რომელთა დანიშნულება იქნება სარკინიგზო ინფრასტრუქტურის გარემო ზეგავლენის უწყვეტი დაკვირვება როგორც ელექტრონულად, ასევე წინასწარ განსაზღვრულ მომეტებული რისკის ადგილებში;
3. მოხდეს კატასტროფების მოსალოდნელი სცენარების მიხედვით ღიანდაგის ზედნაშენის და ცვითი-სარემონტო-აღდგენითი სამუშაოების ორგანიზება.

### ლიტერატურა

1. Крупенио, Н.Н. Экологический мониторинг и контроль транспортных систем / Н.Н. Крупенио. М.: Маршрут, 2006. - 133 с.
2. Гапанович, В.А. Экологическая стратегия ОАО «РЖД» / В.А. Гапанович // Вторая междунар. науч.-практич. конф. «Техносферная и экологическая безопасность на транш.».- СПб. : ПГУПС, 2008. С. 13-21.

წყალსაცავების დაჭუჭყიანებისაგან დაცვის პრობლემები

რ. იმედაძე, თ. მადრაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 77, 0175 თბილისი საქართველო.)

**რეზიუმე:** ავტორთა მიერ ნაშრომში საუბარია წყალსაცავების და წყლის რესურსების დაჭუჭყიანებისაგან დაცვის პრობლემებზე. ავტორები ითვალისწინებენ მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნების გამოცდილებას და გვთავაზობენ თავიანთ მოსაზრებებს საქართველოში ამ საკითხის მოგვარებისათვის.

ამ საკითხების გადაწყვეტა მეტად მნიშვნელოვანია ქვეყნისათვის, რომლის გადაწყვეტა ხელს უწყობს, როგორც ეკოლოგიური პრობლემების გაუმჯობესებას, ისე ფლორის, ფაუნის და სერთოდ გარემოს გაუმჯობესებას. ავტორები აჩვენებენ ამ საკითხების გადაწყვეტის გზებს და შემოდიან წინადადებით, თუ როგორი გზებით უნდა იქნას მოძიებული გზები სახსრების მოპოვებისათვის: რეგიონალური დაფინანსება, ცენტრალური დაფინანსება, სამრეწველო საწარმოების ფინანსების ხარტვა, დაინტერსებული პირები და სხვა.

ნაშრომში ავტორების მიერ მოწოდებულია აზრი წყალსაცავების დაჭუჭყიანების შემთხვევაში ორგანოზაციების მიმართ გადასახადების დაწესების შესახებ, სადაც გათვალისწინებული იქნება საწარმოთა მიერ წყალსაცავებში ჩაშვებული წყლების რაოდენობა და დაჭუჭყიანების დონე. ავტორებს, ასევე მიაჩნიათ, რომ უნდა განისაზღვროს ჩამდინარე წყალსაცავებში ჭუჭყიანი წყლების ჩაშვების ადგილი და გაეწიოს მუდმივი კონტროლი წყალსაცავების დაჭუჭყიანების დონეს.

ავტორებს სტატიაში ცხრილის სახით ნაჩვენებია აქვთ საქართველოში ბუნებრივი წყალსაცავების ჩამონათვალი, რომელთა სუფთად შენახვა მეტად აქტუალურია. ამისათვის გასათვალისწინებელია ავტორთა მიერ მოწოდებული წინადადებები და დასკვნები.

**საკვანძო სიტყვები:** წყალსაცავები, დაჭუჭყიანება, დაგეგმარება, ბუნებრივი, რეგიონები, მუნიციპალიტეტები.

## 1. შესავალი

სახელმწიფოები დგებიან აუცილებლობის წინაშე დახარჯონ სოლიდური თანხები, რათა გადაწყვიტონ პრობლემა წყლის რესურსების გაწმენდისათვის, რისთვისაც მუშავდება გეგმები შესაბამისი სამუშაოების ჩასატარებლად, რომლებიც მოიცავენ მდინარეების აუზებს, ხელოვნურ და ბუნებრივ წყალსაცავებს. იხარჯება თანხები გამწმენდი ნაგებობების მშენებლობისა და არსებულის სრულყოფისათვის. ასეთ ნაგებობებს ქვეყნისათვის მოაქვთ გარკვეული სარგებლობა, ამიტომ მათ განლაგებას და სუფთად შენახვას უნდა მიექცეს ყურადღება. თუ ამ საკითხს ქვეყანაში არ ექცევა შესაბამისი ყურადღება, რჩება ისეთი შთაბეჭდილება, რომ შესაბამის უწყებებში არ აქვთ სრული წარმოდგენა წყალსაცავების დაჭუჭყიანების პრობლემებზე და იმ შედეგებზე რაც შეიძლება გამოიწვიოს მათმა დაჭუჭყიანებამ. ამასთან ერთად ინჟინერ-დამპროექტებლებმა ახალი სამრეწველო ობიექტების დაპროექტებისას დიდი ყურადღება უნდა მიქაცონ წყალსაცავებში ჩაშვებული წყლების სისუფთავის ხარისხს. ადგილია დაადანაშაულო მთავრობა იმაში რომ ისინი გეგმიურად ვერ უდგებიან წყალსაცავების დაჭუჭყიანების პრობლემას და ვერ იღებენ გადაწყვეტილებების სოციალური პოლიტიკურ და ფინანსურ საკითხებზე.



გასათვალისწინებელია, რომ ტრადიციულად ჩამდინარე წყლების გაწმენდა წარმოადგენს ადგილობრივ პრობლემას და ცალკეულ ქალაქებს აქვთ საკუთარი გამწმენდი ნაგებობები. მათ უნდა მონახონ საკუთარი გზები გამწმენდი ნაგებობების მოდერნიზაციისათვის. ფინანსების თვალსაზრისით ადგილობრივი მასშტაბით ჩატარებული სამუშაოები უფრო მიმზიდველია, მაგრამ საქმე იმაშია, რომ ადგილობრივ მთავრობებს არა აქვთ ასეთი გეგმა მდინარეთა მთელი აუზისათვის და შესაბამისად რეგიონალური გეგმები.

## 2. პირითაღი ნაწილი

დავუშვათ, რომ რეგიონალური და კომპლექსური გეგმების შედგენა მდინარეთა აუზების გაწმენდისათვის ერთადერთი გზაა, მაშინ აქედან შეიძლება გამოვიდეს, რომ უნდა აიკრძალოს ყველა საკანალიზაციო გამწმენდი ნაგებობების მშენებლობა და მაქსიმალური ყურადღება გადატანილი იქნას გამწმენდი ნაგებობის ცენტრალიზებულ დაგეგმარებაზე. რაც მეტი გამწმენდი ნაგებობა იქნება აგებული ან მოდერნიზებული, მით მეტი მათგანის გამოსვლა ხდება მწყობრიდან. კვლევები აჩვენებენ, რომ ათობით მცირე წარმადობის ნაგებობების შეცვლა სჯობია ერთი ცენტრალური სადგურით.

გეგმით განსაზღვრული ნაგებობების მშენებლობისათვის რეგიონში 1 მილიონი მოსახლეობისათვის საჭიროა დაახლოებით 3 მილიონი ლარი. ასეთ შემთხვევაში ფულად სახრსებს ვერ მივიღებთ ადგილობრივი მთავრობებისაგან, რადგან მათ არა აქვთ საკმარისი თანხები.

შესაბამისად ფულადი სახრსები უნდა გამოიყოს სახელმწიფო ბიუჯეტიდან. ეს ფული გამოყოფილი უნდა იყოს გარემოს და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტროს მიერ, მაგრამ თუ ისინი არ გამოთქვამენ სურვილს ან არა აქვთ შესაბამისი სახსრები, მაშინ რჩება გზა სამუშაოები გადაეცეს დაინტერესებულ ჯგუფებს.

ერთ-ერთი შესაძლო გზაა, რეგიონის მუნიციპალიტეტებს მიეცეს უპროცენტო სესხები, რომლებიც შემდეგ ბიუჯეტს დაუბრუნებენ ვალს.

სხვა შესაძლებლობა მდგომარეობს იმაში, რომ სამთავრობო სუბსიდიები მიეცეს არა ცალკეულ იურიდიულ პირებს, არამედ რეგიონალურ ორგანიზაციებს, რომლებშიც შედიან წარმოებები, რომლებიც დაბუნძურებული წყლით აჭუჭყიანებენ წყალსაცავებს. ასევე ტენდერების სასუალებით ფულადი დახმარება გაუწიოს შესაბამის ორგანიზაციებს, რომლებიც მათ ტექნიკურ დახმარებას გაუწევენ, მდინარეთა აუზების მორენიზაციისათვის და დაგეგმარებისათვის.

კარგად დამუშავებული რეგიონალური გეგმის შედგენის შემდეგ ჩამდინარე სამრეწველო წყლების გამო გადასახადების აკრეფის დროს წარმოიშვება პრაქტიკულად შესრულების პრობლემები. მოსახლეობას უნდა აუხსნათ, რომ გამწმენდილი ჩამდინარე წყლების წყალსაცავში ჩაშვება არ დაახიანებს მდინარეებს და წყალსაცავებს.

გაუცნობიერებლობის გამო ეს ხშირად მოსახლეობისაგან წინააღმდეგობას იწვევს. იმისათვის, რომ ეს პრობლემა მოგვარდეს სამრეწველო საწარმოებს უნდა დაუწესდეს გადასახადები, რომლებსაც სამრეწველო ობიექტები გადაიხდიან. გადასახადებს ჩამდინარე წყლების რაოდენობის და მათი დაჭუჭყიანების მიხედვით. გადასახადებიდან შემოსული თანხების 50% უნდა გადაეცეს მინუციპალიტეტებს (გამგეობს), რომლებიც გამოიყენებენ მათ გამწმენდი ნაგებობების მშენებლობისათვის და დანარჩენი 50% კი ფუნქციონალური ორგანოს შესაქმნელად, რომელიც განახორციელებს კონტროლს წყლის რესურსების გამოყენებაზე, ქვეყნის მთელ

-

«

»

ტერიტორიაზე. ეს აიძულებს სამრეწველო ორგანიზაციებს შეამცირონ ჩამდინარე წყლების რაოდენობა წყალსაცავებში და გამოიყენონ უახლესი ტექნოლოგიები წყლების გასაწმენდად, ამასთან ეს გარანტიას იძლევა რეგიონალური სამსახურების მიერ წყლის რესურსების სწორად გამოყენებისა. მოწინავე ქვეყნებში ასეთმა მიდგომამ კარგი ეფექტი გამოიღო.

საქართველოში რამოდენიმე ათასი მდინარე და 850 ტბაა. მათი სუფთად შენახვა ქვეყნის მთავარი ამოცანაა, რაც ხელს უწყობს ჩვენს ქვეყანაში მცენარეულის, ცხოველების, ფრინველების, თევზების, კლიმატის და ჰაერის სისუფთავის შენარჩუნებას. ეს ასევე ხელს შეუწყობს ჩვენი ქვეყნის მიმზიდველობის გაზრდას და რაც მთავარია საქართველოს მოსახლეობის ჯანმრთელობის და სიცოცხლის ხანგრძლივობის შენარჩუნებას. ქვემოთ ნაჩვენებია ცხრ. 1, რომელშიც მოცემულია საქართველოს ძირითადი ბუნებრივი წყალსაცავები, რომელთა წყლები გამოიყენება სარწყავად და ენერგეტიკული დანიშნულებით.

ცხრილი 1.

№	ტიპების სახელწოდება	ძირითადი მორფომეტრული მახასიათებლები			
		მოცულობა კმ <sup>3</sup>	ფართობი 1000კმ <sup>2</sup>	უდიდესი სიღმე მ	სიმაღლე ზღვის დონიდან მ
1	ტაბანყური	221,0	14,2	40,2	1997
2	რიწა	94,0	1,49	101	884
3	ფარავანი	90,8	37,5	3,3	2073
4	პალიასტომი	52,0	18,2	3,2	-0,3
5	ჯანდარი	51,0	10,6	7,2	291
6	ყელის ტბა	31,7	1,3	6,3	2014
7	ხოზრევანი (კარწახი)	19,3	26,3	1,0	1799
8	მდათაფა	9,5	8,8	1,7	2018
9	სადამოს ტბა	7,7	4,8	2,3	1996
10	ხანჩალი	6,4	13,3	0,7	1928
11	ბაზალეთი	5,6	1,2	7,0	878

მოწინავე ქვეყნებში არსებობს მკაცრი კანონმდებლობა, რომლითაც განისაზღვრება წყლის რესურსების დაჭუჭყიანების დონე, რომლის დახმარებითაც დგინდება ჩამდინარე სამრეწველო წყლების ჩაშვების ადგილმდებარეობა, ასევე განსაზღვრულია სისტემის ექსპლუატაციის და მიმდინარე რემონტის ხარჯები, რომლებიც უნდა აანაზღაუროს ადგილობრივმა მთავრობამ, რაც მათ უზრდის პასუხისმგებლობას გამწმენდი ნაგებობების წესრიგში შენარჩუნების და სისტემის კარგ მდგომარეობაში შენახვისათვის.

### 3. დასკვნა

სახელმწიფომ უნდა დააწესოს გადასახადები ჩამდინარე წყლებზე, რომლებიც ჩაედინება, როგორც დასახლებული პუნქტებიდან ისე საწარმოებიდან, რაც საშუალებას მისცემს ქვეყანას აწარმოოს ეფექტური ბრძოლა წყლების დაჭუჭყიანებასთან. ასევე საჭიროა გამოვეყოს დიდი ყურადღება, როგორც კანონმდებლობის დაცვის და სამეცნიერო კვლევების ეგრეთწოდებულ “განაწილებულ დაჭუჭყიანების” წყაროებზე. ამ საკითხის გადაწყვეტისათვის ჩართული უნდა იყოს დარგის ინჟინერ-სპეციალისტები, რომლებსაც ხელეწიფებათ ჩამოაყალიბონ გზები ამ პრობლემის გადასაწყვეტად, რაც საშუალებას მისცემს შესაბამის დარგის ხელმძღვანელებს შეარჩიონ საკითხის გადაწყვეტის ოპტიმალური ვარიანტი.

### ლიტერატურა

1. ზ. გედენიძე, თ. ამბროლაძე. “წყლის მეურნეობა” თბილისი, “ტექნიკური უნივერსიტეტი”, 2009წ;
2. ი. დაღეირი “დაჭუჭყიანებისაგან წყალსაცავების დაცვა”, აშშ, 1977წ.

რთული რელიეფის მქონე წყალსაცავში ღვარცოვის შემოდინებით  
გამოწვეული ტალღაწარმოქმნის პროცესის ერთგანზომილებიანი

(1D) რიცხვითი მოდელირება

ხ. ირემაშვილი<sup>1</sup>, გ. ბერძენაშვილი<sup>1</sup>, გ. ჯინჯიხაშვილი<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. 77, თბილისი 0175,  
საქართველო

<sup>2</sup> ისრაელის ელექტროკორპორაცია, ნეტივ ჰაორის ქ. P.O.B 10, ჰაიფა 3100, ისრაელი  
**რეზიუმე:** განხილულია მარხის წყლის მოძრაობის ერთგანზომილებიანი (1) განტოლებათა სისტემის რიცხვითი ამოხსნის სასრულ-სხვაობითი მეთოდიკა და შემოთავაზებულია ღვარცოვის შემოდინების შედეგად წარმოშობილი ექსტრემალური ტალღების პროგნოზირება, რეალური რელიეფის გათვალისწინებით, მცირე სიღრმის სამთო ვიწრო წყალსაცავებისათვის.

**საკვანძო სიტყვები:** წყალსაცავი, ღვარცოვი, ექსტრემალური ტალღა, რიცხვითი ამონახსენი, მარხის წყალი.

### 1. უმსავალი

მთიან რეგიონებში ხშირია ღვარცოვების წარმოქმნა, რასაც თან სდევს გარემოზე უარყოფითი ეკოლოგიური გავლენა და მნიშვნელოვანი მატერიალური ზარალი. ასეთ რეგიონებში წყალსატევების საიმედო ფუნქციონირებისათვის უნდა განვიხილოთ ღვარცოვის ჰიდროტექნიკურ ნაგებობაზე ზემოქმედების საკითხი, რაც გულისხმობს იმ ძალების გათვალისწინებასაც, რომლებიც წარმოიქმნებიან ტალღებისა და ჰიდროდინამიკური წნევების სახით, ღვარცოვის წყალსაცავში შემოდინებისა და მასში გავრცელების შედეგად.

### 2. ძირითადი ნაწილი

წყალსაცავებში წყლის ტალღური მოძრაობის მათემატიკური მოდელირების მიზნით გამოიყენება დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემები, რომლებიც ფუნდამენტალურ ჰიდრომექანიკურ კანონებს ასახავენ. საინჟინრო ამოცანების ამოხსნისას მიმართავენ გარკვეულ დაშვებებსა და გამარტივებაზე დაფუძნებულ მიახლოებით თეორიებს.

როდესაც მოსალოდნელი ტალღის სიმაღლე წყალსატევის სიღრმესთან შედარებით არ შეიძლება იყოს მცირე და საჭიროა კალაპოტის ფსკერზე მოქმედი ხახუნის ძალების და რეალური რელიეფის გათვალისწინება გამოიყენება მარხის წყლის თეორია. მთავარი დაშვება ამ თეორიაში არის ის, რომ ნაკადის სიჩქარეები მისი სიღრმის მიხედვით არ იცვლება და შეიძლება განხილულ იქნას მხოლოდ ერთგანზომილებიანი ან ორგანზომილებიანი (გეგმაში) წყლის მოძრაობა.

ჩვენ ღვარცოვის შემოდინებას განვიხილავთ მცირე სიღრმის სამთო ვიწრო წყალსაცავში, ამიტომ საკმარისია ერთგანზომილებიანი (1) ამოცანა, რომელსაც აქვს შემდეგი სახე:

$$\frac{\partial}{\partial t} u + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{u^2}{2} + gH \right) + y(S_f - S_g) = 0$$
$$\frac{\partial}{\partial t} H + \frac{\partial}{\partial x} (Hu) + \left( \frac{A}{B} - H \right) \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{u}{B} \left( \frac{\partial A}{\partial x} \right)^{H-\text{const}} = 0 \quad (1)$$

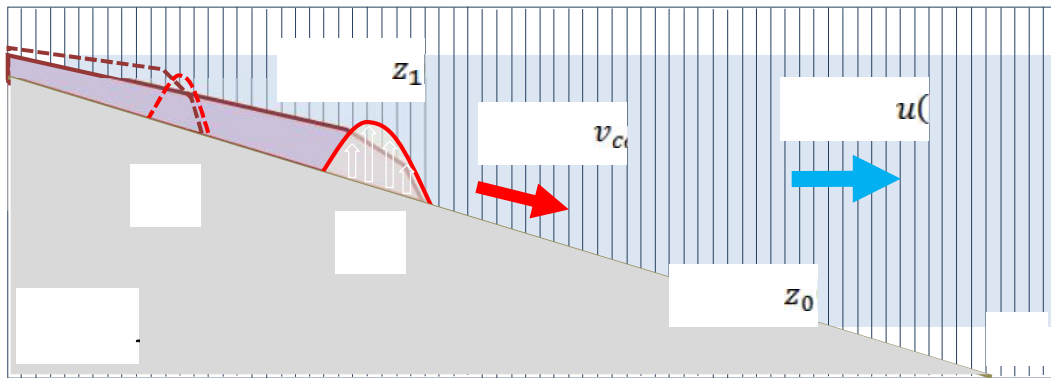
სადაც:  $H(x,t)$ - არის წყლის სიღრმე;

$u(x,t)$ - დინების ვერტიკალზე და ჰორიზონტალზე გასაშუალებული სიჩქარე;

$A(x,t)$ - განივკვეთის ფართობი;  $B(x,t)$ - თავისუფალი ზედაპირის სიგანე;  $Q(x,t)$ - ნაკადის ხარჯი  $Q = Au$   $R(x,t)$ - ჰიდრაულიკური რადიუსი;  $S_f(x,t)$ - ჰიდრაულიკური ქანობი  $S_f = \frac{n^2}{4R} \cdot \frac{u|u|}{K} = n^2 \frac{u|u|}{R^4/3}$ ;  $S_g(x,t)$ - ფსკერის ქანობი  $S_g = -\frac{\partial}{\partial x}Z$ ;  $n$ - მანინგის კალაპოტის ხორკლიანობის კოეფიციენტი.  $Z(x,t)$ - ფსკერის ქვედა ნიშნულის ფუნქცია.

შევნიშნოთ, რომ უწყვეტობის განტოლების მესამე წევრი ახასიათებს განივკვეთის ფორმის მართკუთხედის ფორმისაგან გადახვევას და  $\left(\frac{A}{B} - H\right) = 0$  მართკუთხედის შემთხვევაში. რაც შეეხება უწყვეტობის განტოლების მეოთხე წევრს, იგი ახასიათებს განივკვეთის ერთგვაროვნებას სიგრძეზე და  $\frac{1}{B} \left(\frac{\partial A}{\partial x}\right)^{H=const} \cong 0$  კალაპოტის განივკვეთის მცირედი ცვლილების დროს.

მარჩხი წყლის თეორიის განტოლებები არაწრფეა და მათი ამოხსნა შესაძლებელია მხოლოდ რიცხვითი (სასრულ-სხვაობითი ან სასრული ელემენტების) მეთოდების გამოყენებით. დამუშავებულია ღვარცოფის შემოდინების სასრულ-სხვაობითი მეთოდით საანგარიშო სქემა, როგორც არამკვრივი, შეწონილი ღვარცოფის შემოდინების, ისე ღვარცოფის და მეწყერის  $v_{cell}(x,t)$  სიჩქარით მოძრავი შემკვრივებული ნაკადის შემთხვევაში, რომელიც იწვევს ფსკერის ფორმის ცვლილებას  $Z(x,t) = z_0(x) + z_1(x,t)$  (ნახ.1).



ნახ.1. სამთო ვიწრო წყალსაცავში ღვარცოფული ნაკადის შემოდინების საანგარიშო ერთგანზომილებიანი (1D) რიცხვითი სქემა.

განტოლებები იხსნება შესაბამის საწყის და სასაზღვრო პირობებთან ერთად, რომელიც შემდეგნაირადაა წარმოდგენილი:

საწყისი პირობა (მოცემულია  $q_0$  საწყისი ხარჯი და  $h_0$  სიღრმეთა განაწილება)

$$\begin{aligned} Q(x,t) &= q_0, & t &= 0 \\ H(x,t) &= h_0(x), & t &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

სასაზღვრო პირობა (მოცემულია  $q_1$  ხარჯის ცვლილება და  $z_1$  რელიეფის ცვლილება თუ განიხილება შემკვრივებული ნაკადი):

$$\begin{aligned} Q(x,t) &= q_0 + q_1(t), & t &> 0 \\ Z(x,t) &= z_0(x) + z_1(x,t), & t &> 0 \end{aligned} \quad (3)$$

ამონახსენის მიიღება სამ ბიჯიანი ცხადი სხვაობითი სქემით, კერძოდ ლაქსი-ვენდორფის მოდიფიცირებული მეთოდით:

- პირველ საანგარიშო ეტაპზე წარმოებს საძიებელი ფუნქციის  $F_{i+\frac{1}{2}}^{n+1}$  შუალედური მნიშვნელობის განსაზღვრა  $F_i^n$  ცნობილი მნიშვნელობიდან:

$$F_i^n \xrightarrow[\text{step I: } \frac{\Delta x}{2}, \Delta t]{i+\frac{1}{2}} F_{i+\frac{1}{2}}^{n+1} \quad (4)$$

- მეორე საანგარიშო ეტაპზე წარმოებს საძიებელი ფუნქციის  $F_{i+\frac{1}{2}}^{n+1}$  ახალი მნიშვნელობის განსაზღვრა:

$$F_{i+\frac{1}{2}}^{n+1} \xrightarrow[\text{step II: } \frac{\Delta x}{2}, \Delta t]{i+1} F_{i+1}^{n+2} \quad (5)$$

- მესამე საანგარიშო ეტაპზე წარმოებს საძიებელი ფუნქციის საშუალო მნიშვნელობის გამოთვლა:

$$F_i^{n+1} = \frac{1}{2}(F_i^n + F_i^{n+2}) \quad (6)$$

მოცემული ამოცანის სრულყოფილი რიცხვითი ამონახსნის მისაღებად მნიშვნელოვანია რელიეფის ფორმის აპროქსიმაცია და მისი მეშვეობით განტოლებაში შემაჯავალი პარამეტრების განსაზღვრა, მითუმეტეს თუ განვიხილავთ მკვრივი ნაკადის შემოსვლას. ჩვენს მიერ დამუშავებულია რელიეფის წრფივი ინტერპოლირების ოპტიმალური მეთოდიკა, რომელიც გულისხმობს მხოლოდ გამოთვლებისათვის საჭირო უწყვეტი ფუნქციების  $A_i(H), B_i(H), R_i(H)$  მიღებას, ხოლო კვეთების აგება ტოპოლოგიური ნიშნულების საფუძველზე საჭიროა მხოლოდ საანგარიშგებო წერტილებში ტალღის გავრცელების გრაფიკული გამოსახვისათვის.

### 3. დასკვნა

მცირე სიღრმის წყალსაცავში ღვარცოფის შემოდინების შედეგად წარმოშობილი ექსტრემალური ტალღური პროცესის პროგნოზირების განხილული მეთოდიკა საშუალებას იძლევა აღვწეროთ ტალღების მოძრაობის პროცესი, როგორც შეწონილი, ისე შემკვრივებული ნაკადის შემთხვევაში. რთული რელიეფის შესაბამისი პარამეტრების გამოთვლები გამარტივებული და ოპტიმიზირებულია, ხოლო შედეგების წარმოდგენა შესაძლებელია რეალური რელიეფის შესაბამისად.

### ლიტერატურა

1. Gvelesiani T., Jinjikhashvili G., Berdzenashvili G., Stepania T., Aronia G. ON PREDICTION AND PREVENTION OF DEBRIS FLOW CATASTROFIC IMPACTS ON HYDRAULIC PROJECTS IN MOUNTAIN AREAS (Georgia, Israel). 5-th International Scientific and Technical Conference. Modern Problems of Water Management, Enviromental Protection, Architecture and Construction. 16-19 July, 2015. p49-54;
2. გველესიანი თ., ფალავანდიშვილი გ., მაღლაფერიძე ბ., ბერძენაშვილი გ. ალგეთისა და სიონის კაშხლების გარღვევის შედეგად ქვედა ბიეფში გამოწვეული ზემოქმედების პროგნოზირება. ენერჯია, 2008. 4(48);
3. „...“, 1989. 271 .

სტატია შესრულებულია სახელმწიფო გრანტის უცხოეთში მოღვაწე თანამემამულეთა მონაწილეობით ერთობლივი კვლევებისათვის პროექტის DI/14/3-109/14 „მთიან რაიონებში განლაგებულ ჰიდროკვანძებზე ღვარცოფების კატასტროფული ზემოქმედების პროგნოზირება და პრევენცია“ საანგარიშო პერიოდში გათვალისწინებული სამუშაოების ფარგლებში შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის დაფინანსებით.

მარტივი მოძრავი კვანძების მოწყობა რკინაბეტონის  
საყალიბე სისტემების აგებისას

0. ჭვარაია<sup>1</sup>, თ. ღვალისვილი<sup>2</sup>, შ. ყანჩაშვილი<sup>1</sup>

<sup>1</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ.კოსტავას ქ.№77, 0175;

<sup>2</sup> შპს „ბკ კაპიტალი“, ყიფშიძის ქ. №13, 0179, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია, რკინაბეტონის რთული საყალიბე სისტემების აგების დროს დასაშლელ-გადასაადგილებელი კვანძების მოწყობის აუცილებლობის საკითხი და მოყვანილია მათი კონსტრუქციული გადაწყვეტის მაგალითები.

**საკვანძო სიტყვები:** კვანძი, ბეტონი, რკინაბეტონი, ყალიბი, არმატურა, დერო, საყელური, ფანერა, დაშლა, აწყობა, მონტაჟი.

## 1. შესავალი

მშენებლობის პროცესში, რკინაბეტონის კონსტრუქციების დასაბეტონებლად საჭირო რთული საყალიბე სისტემების აგების დროს, ხშირად აუცილებელია მათში წინასწარ გათვალისწინებული იქნეს მთელი რიგი დასაშლელ-ასაწყობი კვანძების მოწყობა. ასეთი კვანძები საშუალებას იძლევა მნიშვნელოვნად გამარტივდეს დამონტაჟების, მათი გასწორების, დაბეტონებისა და გამოსხნის სამუშაოები. კარგად მოფიქრებული გადაწყვეტების განხორციელების შემთხვევაში იზრდება თვით ან ყალიბების დაზიანებების გარეშე დემონტაჟისა და მრავალჯერადი გამოყენების შესაძლებლობები. საინტერესოა, რომ სამშენებლო პრაქტიკიდან გამომდინარე მათი გაკეთება შესაძლებელია სამშენებლო მოედანზე არსებული მასალების გამოყენებით ელემენტარული შრომითი და ფინანსური დანახარჯებით, რაც საბოლოოდ მნიშვნელოვან მოგებას იძლევა.

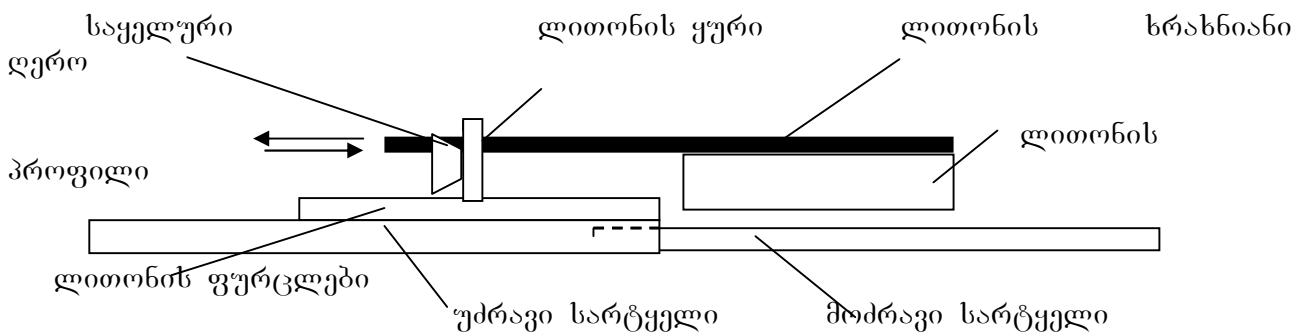
## 2. ძირითადი ნაწილი

თანამედროვე წვრილფარებიანი ყალიბებისაგან შესაძლებელია ურთულესი ფორმისა და მოხაზულობის ყალიბების აგება. ასეთი ყალიბები, როგორც წესი სადურგლო საამქროებში მზადდება და შემდეგ ხდება მათი გადატანა უშუალოდ სამონტაჟო ადგილას. ყალიბების კონსტრუქციების სირთულიდან და ძირითადად მათი სიხისტიდან გამომდინარე ხშირად შეუძლებელია მათი საყალიბე სისტემის პროექტო მდგომარეობაში გასწორება. საყალიბე სისტემის ელემენტების უძრაობის გამო ვერ ხერხდება ყალიბის საყრდენი კუთხეების ზუსტად მოთხოვნილ კოორდინატებთან შეთავსება და სულ მცირე უზუსტობების გამო, არც თუ იშვიათად საჭირო ხდება ყალიბის გადაკეთება. გარდა ამისა, სამშენებლო მოედნებზე, ამწე მოწყობილობების შეზღუდული შესაძლებლობების გამო პრობლემები იქმნება ხოლმე დიდი გაბარიტული ზომების მქონე და მძიმე საყალიბე სისტემების აწევის მხრივაც. აქედან გამომდინარე საყალიბე სისტემების აგების პროცესში უნდა იქნეს გათვალისწინებული ყველა შესაძლო გართულებები და ამის შესაბამისად წინასწარ მოხდეს დასაშლელ-გადასაადგილებელი კვანძების მოწყობა. მათი გადაწყვეტა მოძრავი მარტივი კონსტრუქციების შექმნით ხდება. კერძოდ, ლითონის დეტალების შედუღებით და მათი დამაგრებით ყალიბის სარტყელებზე ან გამყოფ ნაწილებზე;

მთელი საყალიბე სისტემების დეფორმაციულობი გაზრდისათვის საკმარისია რომელიმე სარტყელისათვის ელემენტარული გადაადგილების საშუალების მიცემა, რაც მოყვანილია ნახ-1-ზე.



ნახ.1. საყალიბე სისტემის ქვედა სარტყელის მოძრავი უმარტივესი კვანძი ასეთი კვანძები ძალზე მარტივად ეწყობა, როგორც ვერტიკალური ასევე ჰორიზონტალური საყალიბე სისტემების აგების დროს. მათი გადაადგილებით ხდება საყალიბე სისტემის გაფართოება ან შეკუმშვა და ამით იოლდება მონტაჟ-დემონტაჟის სამუშაოების შესრულება. კვანძის სქემატური გამოსახულება მოყვანილია ნახ.2-ზე

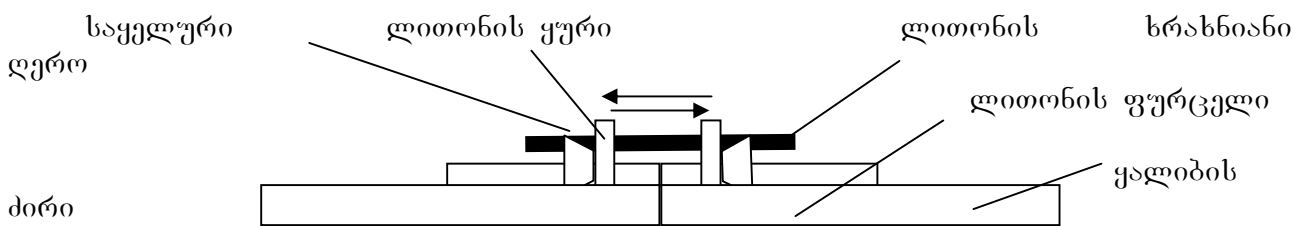


ნახ.2. საყალიბე სისტემის მოძრავი კვანძის გადაწყვეტის სქემა

მძიმე და დიდი გაბარიტული ზომების მქონე საყალიბე სისტემის მაგალითად მოყვანილია 12მ დიამეტრის და 1,2მ სიმაღლის ყალიბი, რომლის მონტაჟი ვერ ხერხდებოდა ამწით და ის ორ ნაწილად გაიყო (ნახ.3). გაყოფის ადგილას ორი პატარა ფანჯარაა სიმეტრიულად დატოვებული, რომლის შიგნით მოეწყო კვანძი.



ნახ.3. დიდი გაბარიტული ზომის და მძიმე საყალიბე სისტემა გამყოფი ფანჯრებით ასეთ შემთხვევებში საყალიბე სისტემის გამყოფ კვანძებს აქვთ, ნახ.4-ზე მოყვანილი სქემატური სახე.



ნახ.4. საყალიბე სისტემის გამყოფ-შემაკავშირებელი კვანძის გადაწყვეტის სქემა

### 3. დასკვნა

1. სადურგლო საამქროებში საყალიბე სისტემების აგების პროცესში, მათი საპროექტო მდგომარეობაში დამონტაჟებისა და შემდეგ განყალიბების სამუშაოების შესრულების გამარტივებისათვის სასურველია წინასწარ მოეწყოს დასაშლელ-გადასაადგილებელი კვანძები, რომელთა გაკეთება ძალზე ადვილია სამშენებლო მოედანზე არსებული იაფფასიანი მასალების გამოყენებით.

### ლიტერატურა

1. ი.ქვარაია, თ.დვალიშვილი. რკინაბეტონის კონსტრუქციების განყალიბების გამარტივების გზები. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “მშენებლობა”. №.3(34), თბილისი 2014.



ბანსხვაგვარი არაწრფივი თეორიების საფუძველზე ფენოვანი  
გარსების დეფორმაციის ამოცანების რიცხვითი ამოხსნა

ე. აბრამიძე, ელ. აბრამიძე, ა. კუბლაშვილი, ვ. ჭანკოტაძე  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ.კოსტავას 77, 0175, თბილისი,  
საქართველო)

**რეზიუმე:** ფენოვანი გარსების არაწრფივი დეფორმაციის ამოცანების შესაწავლისა და შემდგომში მათი რიცხვითი რეალიზაციის მიზნით გამოყენებულია კირპოფ-ლიავისა და ტეხილთა ჰიპოთეზებზე აგებული არაწრფივი თეორიები. აღნიშნული კლასის ამოცანების რიცხვითი რეალიზაციისათვის, ზემოხსენებული თეორიების საფუძველზე, მიღებულია ფენოვანი გარსების არაწრფივი დეფორმაციის ამოცანების ამომხსნელი დიფერენციალური განტოლებათა არაწრფივი სისტემები. მოყვანილია ფენოვანი გარსის დეფორმაციის კერძო მაგალითი. ამ მაგალითის რიცხვითი ამოხსნა განხორციელებულია ზემოხსენებული თეორიების საფუძველზე მიღებული არაწრფივი დიფერენციალური განტოლებათა სისტემების რიცხვითი რეალიზაციის მეშვეობით. მიღებული რიცხვითი შედეგების შედარებისა და სათანადო ანალიზის საფუძველზე გაკეთებულია გარკვეული დასკვნები, ასევე შესწავლილია სასაზღვრო პირობების ცვლილებით გამოწვეული ზეგავლენა გარსის დეფორმირებულ-დაძაბულ მდგომარეობაზე.

**საკვანძო სიტყვები:** ფენოვანი გარსი, არაწრფივი დეფორმაცია, სასაზღვრო პირობები, არაწრფივი დიფერენციალური განტოლებათა სისტემები.

### 1. შესავალი

განიხილება ფენოვანი გარსები, რომლებიც შედგენილია მნიშვნელოვნად განსხვავებული მექანიკური მახასიათებლების მქონე ფენებისაგან. ამ კლასის გარსების დეფორმირებულ-დაძაბული მდგომარეობის შესწავლა მიზანშეწონილია ტეხილთა ჰიპოთეზაზე აგებული თეორიის გამოყენებით. ტეხილთა ჰიპოთეზის არსი მდგომარეობს შემდეგში, საკოორდინატო ზედაპირის ნორმალზე მდებარე გარსის ელემენტი დეფორმაციის შემდეგ გადადის ტეხილში, რაც იძლევა ფენოვანი გარსის სისქის გასწვრივ განივი ძვრის დეფორმაციების არაერთგვაროვნების გათვალისწინების საშუალებას. კირპოფ-ლიავის ჰიპოთეზაზე აგებული თეორია კი საზოგადოდ არ ითვალისწინებს განივი ძვრის დეფორმაციის არსებობას, მითუმეტეს ფენოვანი გარსების შემთხვევაში მათ არაერთგვაროვნებას.

ნაშრომში მოყვანილი ფენოვანი გარსების გეომეტრიულად არაწრფივი დეფორმაციის აღმწერი ძირითადი განტოლებებიდან, შესაბამისად ტეხილთა ჰიპოთეზის გათვალისწინებით, მიღებულია ფენოვანი გარსების გეომეტრიულად არაწრფივი დეფორმაციის ამოცანების ამომხსნელი არაწრფივი დიფერენციალური განტოლებათა სისტემა. აქ ასევე მოყვანილია ფენოვანი გარსის დეფორმაციის კერძო მაგალითი, რომელიც ამოხსნილია, როგორც ტეხილთა, ასევე კირპოფ-ლიავის ჰიპოთეზების საფუძველზე მიღებულ არაწრფივ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემების რიცხვითი რეალიზაციით. ზემოხსენებული თეორიების გამოყენებით კერძო მაგალითის ამოხსნის შედეგად მიღებული რიცხვითი შედეგების შედარება და სათანადო ანალიზი იძლევა საშუალებას გაკეთდეს შემდეგი დასკვნა:

-

«

»

ფენოვანი გარსების არაწრფივი დეფორმაციის ამოცანების ამოხსნისას, თუ ფენების მექანიკური მახასიათებლები არსებითად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან, მიზანშეწონილია ასეთი ამოცანების ამოხსნა ტეხილთა ჰიპოთეზის გათვალისწინებით მიღებულ არაწრფივ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემის გამოყენებით.

## 2. ძირითადი ნაწილი

მოვიყვანოთ ტეხილთა ჰიპოთეზის საფუძველზე აგებული ფენოვანი გარსების დეფორმაციის არაწრფივი თეორიის ძირითადი განტოლებები და თანაფარდობები.

ტანგენციალური გადაადგილებების გამოსახულებებს აქვთ შემდეგი სახე [4].

$$\begin{aligned} u_r^{(i)} &= u + a_1^{(i)} \chi_r^{(0)} + \chi (\mathbb{E}_r - a_2^{(i)} \chi_r^{(0)}), \\ u_s^{(i)} &= \epsilon + b_1^{(i)} \chi_s^{(0)} + \chi (\mathbb{E}_s - b_2^{(i)} \chi_s^{(0)}), \end{aligned} \quad (1)$$

სადაც  $u, \epsilon$  -საკოორდინატო ზედაპირის ტანგენციალური გადაადგილებებია,  $\Psi_r, \Psi_s$

საკოორდინატო ზედაპირის ნორმალის სრული მობრუნების კუთხეებია,  $\chi_r^{(0)}, \chi_s^{(0)}$  - წარმოადგენენ იმ ფენის განივი ძვრის დეფორმაციებს, რომელშიც გადის საკოორდინატო ზედაპირი. ტანგენციალური გამოსახულებების (1) ფორმულებში შემავალი კოეფიციენტების გამოსახულებები მოყვანილია ნაშრომ [3]-ში.

ტანგენციალური გადაადგილებების გამოსახულებების (1) სახით გათვალისწინების შემთხვევაში დეფორმაციის კომპონენტები წარმოდგინებიან შემდეგი სახით:

$$\begin{aligned} v_{rr}^{(x)} &= v_{rr}^{(i)} + \chi \mathfrak{a}_{rr}^{(i)}, & v_{rs}^{(x)} &= v_{rs}^{(i)} + \chi 2\mathfrak{a}_{rs}^{(i)}, \\ v_{ss}^{(x)} &= v_{ss}^{(i)} + \chi \mathfrak{a}_{ss}^{(i)}, & v_{rx}^{(x)} &= \chi_r^{(i)}, \\ v_{xx}^{(x)} &= 0, & v_{sx}^{(x)} &= \chi_s^{(i)}. \end{aligned} \quad (2)$$

დეფორმაციის კომპონენტების (2) გამოსახულებებში შემავალი  $v_{rr}^{(i)}, v_{ss}^{(i)}, v_{rs}^{(i)}, \mathfrak{a}_{rr}^{(i)}, \mathfrak{a}_{ss}^{(i)}, \mathfrak{a}_{rs}^{(i)}, \chi_r^{(i)}, \chi_s^{(i)}$  სიდიდეების გამოსახულებები მოყვანილია [4-6] ნაშრომებში.

გარსთა თეორიაში ძალეებსა და დეფორმაციის კომპონენტებს შორის დამოკიდებულებას გამოხატავენ დრეკადობის თანაფარდობები, რომელთა გამოსახულებებიც მოყვანილია [4-6] შრომებში. დრეკადობის თანაფარდობები გარსების შემთხვევაში ასრულებენ იგივე როლს, რასაც დრეკადობის თეორიაში ჰუკის კანონი.

ფენოვანი გარსების ელემენტის წონასწორობის განტოლებებს აქვთ შემდეგი სახე:

$$\begin{aligned} \frac{\partial B N_r}{\partial r} + \frac{\partial A N_{sr}}{\partial s} + \frac{\partial A}{\partial s} N_{rs} - \frac{\partial B}{\partial r} N_s + A B k_1 Q_r^* + A B q_1 &= 0, \\ \frac{\partial A N_s}{\partial s} + \frac{\partial B N_{rs}}{\partial r} + \frac{\partial B}{\partial r} N_{sr} - \frac{\partial A}{\partial s} N_r + A B k_2 Q_s^* + A B q_2 &= 0, \\ \frac{\partial B Q_r^*}{\partial r} + \frac{\partial A Q_s^*}{\partial s} + A B k_1 N_r - A B k_2 N_s + A B q_3 &= 0, \\ \frac{\partial B M_r}{\partial r} + \frac{\partial A M_{sr}}{\partial s} + \frac{\partial A}{\partial s} M_{rs} - \frac{\partial B}{\partial r} M_s - A B Q_r &= 0, \\ \frac{\partial A M_s}{\partial s} + \frac{\partial A M_{rs}}{\partial r} + \frac{\partial A}{\partial s} M_{sr} - \frac{\partial A}{\partial s} M_r - A B Q_s &= 0, \end{aligned} \quad (3)$$

სადაც

$$\begin{aligned} Q_r^* &= Q_r - (N_r + k_1 M_r)_{,r} - (N_{rs} + k_1 M_{rs})_{,s}, \\ Q_s^* &= Q_s - (N_{sr} + k_2 M_{sr})_{,r} - (N_s + k_2 M_s)_{,s}. \end{aligned} \quad (4)$$

-

«

»

შემდგომისათვის განიხილება ფენოვანი ბრუნვითი გარსების დერძიმეტრიული არაწრფივი დეფორმაციის ამოცანები. ამ კლასის ამოცანების ამოსახსნელად ტეხილთა ჰიპოთეზაზე აგებული არაწრფივი თეორიის საფუძველზე მიღებულია აღნიშნული კლასის ამოცანების ამომხსნელი არაწრფივი დიფერენციალური განტოლებათა შემდეგი სისტემა:

$$\begin{aligned} \frac{dN_s}{ds} &= a_{11}^* N_s + a_{12}^* Q_s^* + a_{13}^* M_s + a_{14}^* u + a_{15}^* w + a_{16}^* \Psi_s + d_{12} \Phi + f_1, \\ \frac{dQ_s^*}{ds} &= a_{21}^* N_s + a_{22}^* Q_s^* + a_{23}^* M_s + a_{24}^* u + a_{25}^* w + a_{26}^* \Psi_s + d_{22} \Phi + f_2, \\ \frac{dM_s}{ds} &= a_{31}^* N_s + a_{32}^* Q_s^* + a_{33}^* M_s + a_{34}^* u + a_{35}^* w + a_{36}^* \Psi_s + d_{31} (N_s + k_1 M_s) \Psi_s + d_{32} \Phi + f_3 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \frac{du}{ds} &= a_{41}^* N_s + a_{42}^* Q_s^* + a_{43}^* M_s + a_{44}^* u + a_{45}^* w + a_{46}^* \Psi_s + d_{42} \Psi_s^2 + d_{43} Q_s^* \Psi_s + d_{44} (N_s + k_1 M_s) \Psi_s^2 + \\ &+ d_{45} Q_s^{*2} + d_{46} (N_s + k_1 M_s) Q_s^* \Psi_s + d_{47} (N_s + k_1 M_s)^2 \Psi_s^2 + d_{48} \Phi + f_4, \end{aligned}$$

$$\frac{dw}{ds} = a_{52}^* Q_s^* + a_{54}^* u + a_{56}^* \Psi_s + d_{51} (N_s + k_1 M_s) \Psi_s,$$

$$\begin{aligned} \frac{d\Psi_s}{ds} &= a_{61}^* N_s + a_{62}^* Q_s^* + a_{63}^* M_s + a_{64}^* u + a_{65}^* w + a_{66}^* \Psi_s + d_{61} (N_s + k_1 M_s) \Psi_s + d_{62} \Psi_s^2 + d_{63} Q_s^* \Psi_s + \\ &+ d_{64} (N_s + k_1 M_s) \Psi_s^2 + d_{65} Q_s^{*2} + d_{66} (N_s + k_1 M_s) Q_s^* \Psi_s + d_{67} (N_s + k_1 M_s)^2 \Psi_s^2 + d_{68} \Phi + f_6, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi &= \frac{1}{c_0 - c_1 N_s - c_2 M_s - c_3 \Psi_s} \left\{ \frac{1}{c_0} (c_1 N_s - c_2 M_s - c_3 \Psi_s) [a_1 N_s + a_2 Q_s^* + a_3 M_s + a_4 u + a_5 w + \right. \\ &+ (a_1 - q) \Psi_s] - \frac{1}{c_0^2} q_3 (c_1 N_s + c_2 M_s + c_3 \Psi_s)^2 + (d_1 N_s + d_2 Q_s^* + d_3 M_s + d_4 u + d_5 w + d_6 \Psi_s) \Psi_s + \\ &+ (N_s + k_1 M_s) (b_1 N_s + b_2 Q_s^* + b_3 M_s + b_4 u + b_5 w + b_6 \Psi_s + b_7 Q_s^{*2} + b_8 Q_s^* \Psi_s + b_9 \Psi_s^2) + \\ &\left. + (N_s + k_1 M_s)^2 (b_2 \Psi_s + 2b_7 Q_s^* \Psi_s + b_8 \Psi_s^2) + b_7 (N_s + k_1 M_s)^3 + M_s \Psi_s \frac{dk_1}{ds} \right\} \end{aligned} \quad (6)$$

სადაც

განტოლებათა (5) სისტემასა და (6) გამოსახულებებში შემავალი კოეფიციენტები განისაზღვრებიან გარსების გომეტრიულ და მექანიკურ მახასიათებლების საშუალებით.

განტოლებათა (5) სისტემას, თუ დავამატებთ საზადვრო პირობებს მივიღებთ არაწრფივ სასაზღვრო ამოცანას.

კერძო მაგალითის სახით განიხილება, სამფენოვანი ერთნაირი წრიული ხვრელების მქონე, ბრუნვითი ელიფსოიდალური გარსის დეფორმირებულ-დაძაბული მდგომარეობის ამოცანა. ამ ამოცანის რიცხვითი ამოხსნები მიღებულია, როგორც (5) არაწრფივ დიფერენციალურ განტოლებათა, ასევე კირჰოფ-ლიავის ჰიპოთეზის საფუძველზე მიღებულ არაწრფივ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემების რიცხვითი რეალიზაციის შედეგად.

ზემოხსენებული კერძო მაგალითის დეფორმირებულ-დაძაბული მდგომარეობა შესწავლილია შემდეგი სასაზღვრო პირობების შემთხვევებში:

- 1) ელიფსოიდალური გარსის სასაზღვრო კონტურებზე მოქმედებენ ძალები, რომლებიც პარალელურნი არიან ბრუნვითი დერძის, ე.ი.

$$S = S_0, S_n$$

$$N_z = N_s \sin\{\} - Q_s \cos\{\} = P,$$

$$Q_z = N_s \cos\{\} - Q_s \sin\{\} = 0,$$

$$M_s = 0.$$

2) ელიფსოიდალური გარსის სასაზღვრო კონტურებზე მოქმედებენ ბრუნვითი ღერძის პარალელური ძალები, რადიალური გადაადგილებებისა და მღუნავი მომენტის არ არსებობის შემთხვევაში, ე.ი.

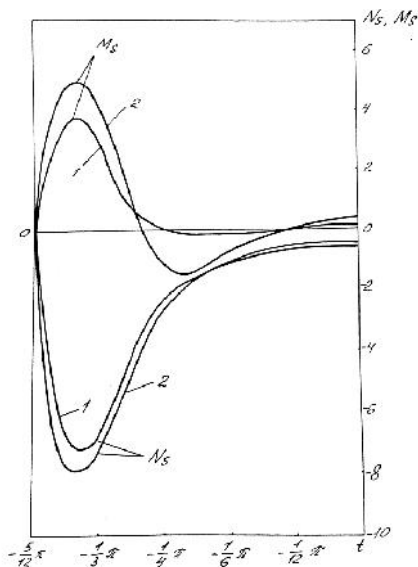
$$S = S_0, S_n$$

$$N_z = N_s \sin \zeta - Q_s \cos \zeta = P,$$

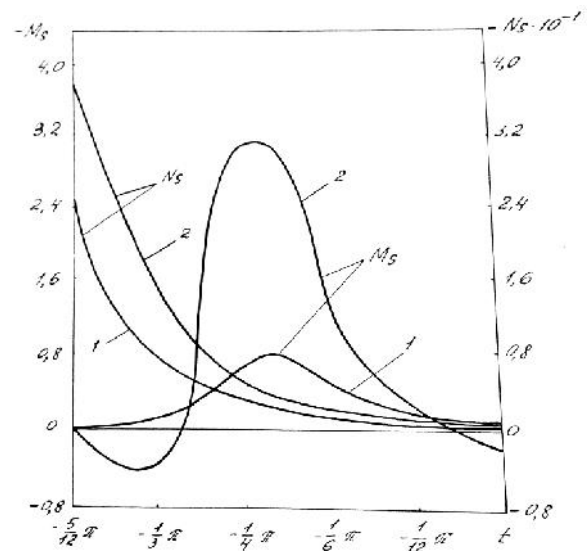
$$u_r = u \cos \zeta + w \sin \zeta = 0,$$

$$M_s = 0,$$

სამფენოვანი ელიფსოიდალური გარსის დეფორმაციის ამოცანის შესწავლის მიზნით, გარსის გეომეტრიული და მექანიკური მახასიათებლებისათვის შემოვიღოთ გარკვეული აღნიშვნები. გარსის ფენების სისქეები ავლიწნოთ -  $h_1, h_2, h_3$ -ით, ხოლო ამ ფენების დრეკადობის მოდულები შესაბამისად -  $E_1, E_2, E_3$ -ით, პუასონის კოეფიციენტი კი  $\nu$ -ით.



ნახ. 1



ნახ. 2

ერთნაირი წრიული ხერხელების მქონე ბრუნვითი ელიფსოიდალური გარსის  $xOz$  სიბრტყით გადაკვეთის შედეგად მიღებული ელიფსის პარამეტრულ განტოლებას აქვს შემდეგი სახე

$$x = a \cos t, \quad (-t_0 \leq t \leq t_0)$$

$$z = b \sin t,$$

სადაც  $a$  და  $b$  წარმოადგენენ ელიფსის ნახევარღერძებს.

განტოლებათა (5) სისტემისათვის ჩამოყალიბებულ არაწრფივ სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნისათვის გამოიყენება გაწრფივებისა და დისკრეტული ორთოგონალიზაციის რიცხვითი მეთოდები [1,2].

ნაშრომში კერძო მაგალითის სახით განხილული სამფენოვანი ელიფსოიდალური გარსის დეფორმაციის აღმწერ სასაზღვრო ამოცანების რიცხვითი რეალიზაცია განხორციელებულია გარსის გეომეტრიული და მექანიკური მახასიათებლების შემდეგი რიცხვითი მნიშვნელობებისათვის:

$$a = 150; \quad b = 50; \quad h_1 = 0,1; \quad h_2 = 1; \quad h_3 = 0,3; \quad E_1 = 10^5; \quad E_2 = 100; \quad E_3 = 10^5; \quad \nu = 0,3; \quad t_0 = \frac{5f}{12}.$$

-

«

»

ნახაზებზე მოყვანილი გრაფიკები აგებულია ტეხილთა (1) და კირპოფ-ლიავის (2) ჰიპოთეზებზე აგებული თეორიების გამოყენებით, სამფენოვანი ელიფსოიდალური გარსის დეფორმაციის სასაზღვრო ამოცანების რეალიზაციით მიღებული რიცხვითი შედეგების საფუძველზე. მოყვანილი გრაფიკები გამოხატავენ ელიფსოიდალური გარსის მსახველის გასწვრივ  $N_x$  ტანგენციალური ძალებისა და  $M_x$  მღუნავი მომენტების განაწილების კანონზომიერებებს.

ნახ. 1-ზე მოყვანილი გრაფიკები გამოხატავენ პირველი სასაზღვრო პირობების შემთხვევაში, როცა  $P=-2$ , ელიფსოიდალური გარსის დეფორმაციის ამოცანის ამოხსნით მიღებულ შედეგებს. მიღებული შედეგები გვიჩვენებენ, რომ ტანგენციალური ძალები და მღუნავი მომენტები მაქსიმალურ მნიშვნელობებს ორივე თეორიის შემთხვევაში დებულობენ  $t = -\frac{13}{36}f$  წერტილის მიდამოში.

ნახ. 2. -ზე მოყვანილი გრაფიკები კი გამოხატავენ მეორე სასაზღვრო პირობების შემთხვევაში, როცა  $P=-4$ , ელიფსოიდალური გარსის დეფორმაციის ამოცანის ამოხსნით მიღებულ შედეგებს. ამ შემთხვევაში მიღებული შედეგები გვიჩვენებენ, რომ ტანგენციალური ძალები მაქსიმალურ მნიშვნელობებს ორივე თეორიის შემთხვევაში დებულობენ  $t = -\frac{5}{12}f$  წერტილში, ხოლო მღუნავი მომენტები  $t = -\frac{5}{24}f$  წერტილში. აღსანიშნავია ისიც, რომ მღუნავი მომენტების მაქსიმალურ მნიშვნელობებს შორის განსხვავება საკმაოდ დიდია.

### 3. დასკვნა

ფენოვანი ელიფსოიდალური გარსების არაწრფივი დერძსიმეტრიული დეფორმაციის ამოცანების რიცხვითი ამოხსნისათვის ტეხილთა ჰიპოთეზის გათვალისწინების შემთხვევაში მიღებულია ამ კლასის ამოცანების ამომხსნელი დიფერენციალური განტოლებათა არაწრფივი სისტემა. მოყვანილია სამფენოვანი ელიფსოიდალური გარსის დერძსიმეტრიული დეფორმაციის კერძო მაგალითი. ეს კერძო მაგალითი ამოხსნილია, როგორც ტეხილთა, ასევე კირპოფ-ლიავის ჰიპოთეზებზე აგებული თეორიების გამოყენებით. მიღებული რიცხვითი შედეგების შედარების საფუძველზე გაკეთებულია შესაბამისი დასკვნები. მოყვანილი მაგალითის შემთხვევაში შეფასებულია სასაზღვრო პირობების ცვლილებით გამოწვეული ზეგავლენა გარსის დეფორმირებულ-დაძაბულ მდგომარეობაზე.

### ლიტერატურა

1. „...“ . – .: ,1968. -184 .
2. „...“ // . – 1961,-16, .3. .171-174.
3. „...“ // . , 1977, 13, 10, .36-42.
4. „...“ . – : . , 1981. -541 .
5. „...“ . – , „...“ . , 1987. -216 .
6. „...“ // . , . . – 1988.
9. – .30-34.
7. „...“ . – .: , 1948. -212 .
8. „...“ // . , 1968, 1, .56-62.

**EQUILIBRIUM EQUATION FOR SHARPENED PRISMATIC SHELL  
 WITH NONSMOOTH COEFFICIENTS**

**G. Devdariani**

**(Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Professor,  
 Vazha-Phshavela ave.59, 0186 Tbilisi, Georgia)**

**Abstract:** Paper covers equilibrium equation for sharpened prismatic shell with nonsmooth coefficients. Paper aims to investigate some actual problems for this equation. Such types of equations arise in the theory of prismatic shells with the thickness degenerate. Correctness of the set problems is defended on the power of degenerate and the geometry of the domain boundary.

**Keywords:** prismatic shell, differential equation, boundary problem.

**1. INTRODUCTION**

The theory of degenerate elliptic differential equations has almost a hundred years history. As it turned out the set of solutions of degenerate elliptic differential equations is a poor one then the set of solutions of uniform elliptic differential equations. So that the classical problems, for example the Dirichlet problem, which are correctly set for uniform elliptic differential equations have no solution for degenerate elliptic differential equations. So it is important to allocate the classis of problems which are correctly set for the degenerate elliptic differential equations.

**2. BASIC PART**

In the theory of prismatic shells is well known I.Vkua’s (see [1]) method of reduction of three dimensional equilibrium equations on two dimensional infinite systems. In so called zero approximation there obtain three equations and one of them has a view

$$Lu \equiv h\Delta u + \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial y} \frac{\partial u}{\partial y} + hcu = 0 \tag{1}$$

where  $h$  thickness of the shell and equation (1) is considered on the middle surface of the shell.

Equation (1) was considered by several authors for different  $h$  and  $D$  cases (see. [2] – [7]). In the previous papers authors assumed that  $h$  is sufficiently smooth function.

Below we will consider the case where  $h$  is nonsmooth function. In this case we will see that considered problems are different compared to the smooth case.

Let  $D$  be bounded by the curves:

$$\begin{aligned} \Gamma_1 &= \{(x,y): y = x^\alpha, \quad 0 \leq \alpha \leq 1; 0 \leq x \leq a; \}; \\ \Gamma_2 &= \{(x,y): y = (-x)^\alpha, \quad 0 \leq \alpha \leq 1; -a \leq x \leq 0; \}; \\ \Gamma_3 &= \{(x,y): y > 0, y = \varphi(x), \quad \varphi \in C^\alpha [-a, a]; \\ &\quad \varphi(\alpha) = \varphi(-\alpha) = a^\alpha. \end{aligned}$$

Let denote:

$$\Gamma_4 = \{(0,y): (0,y) \in \bar{D}\}.$$

$$D_1 \equiv \{(x,y): (x,y) \in D, x > 0 \};$$

$$D_2 \equiv \{(x,y): (x,y) \in D, x < 0 \};$$

Let’s assume that: 
$$h(x,y) = \begin{cases} (y - x^\alpha)^m, & x \geq 0; \\ (y + (-x)^\alpha)^m, & x < 0, m > 0. \end{cases} \tag{2}$$

As can be seen above function’s first derivative by  $x$  is discontinued through the  $x=0$  line. So the classical problem of Dirichlet cannot be considered on the whole  $D$  domain.

Under these conditions equation (1) is the second order elliptic differential equation with singular coefficients.

-

«

»

Insert meanings of  $h$  from the equation (2) in the equation (1) we will receive two equations first on the  $D_1$  domain second on  $D_2$  domain.

On the  $D_1$  domain equation (1) will have following expression:

$$L_1 u \equiv (y - x^\alpha) x^{1-\alpha} \Delta u - m\alpha \frac{\partial u}{\partial x} + mx^{1-\alpha} \frac{\partial u}{\partial y} + (y - x^\alpha) x^{1-\alpha} cu = 0 \quad (3)$$

and on the  $D_2$  domain -

$$L_2 u \equiv (y - (-x)^\alpha) x^{1-\alpha} \Delta u + m\alpha \frac{\partial u}{\partial x} + m(-x)^{1-\alpha} \frac{\partial u}{\partial y} + (y - (-x)^\alpha) (-x)^{1-\alpha} cu = 0 \quad (4)$$

Later we will assume that  $c \in C^\alpha[\bar{D}]$ ,  $0 < \alpha \leq 1$ ,  $c(x, y) < 0$ .

Let  $\varphi(x, y) \in C(R^2)$ , consider following problem.

**Problem 1.** Find the function  $u \in C(\bar{D}) \cap [C^2(D_1) \cup C^2(D_2)]$  such that  $u$  will be the solution for the equation (3) on  $D_1$  domain and solution of the equation (4) on the  $D_2$  domain, and will satisfy the following boundary condition:

$$u|_{\partial D \cup \Gamma_4} = \varphi(x, y) \quad (5)$$

To find the solution for the problem (1) we must solve the following two problems:

**Problem 2.** Find the function  $u \in C(\bar{D}) \cap C^2(D_1)$  which represents the solution for the equation (3) on the  $D_1$  domain and satisfies the following boundary condition:

$$u|_{\Gamma_1 \cup \Gamma_3(x \geq 0) \cup \Gamma_4} = \varphi(x, y)$$

**Problem 3.** Find the function  $u \in C(\bar{D}) \cap C^2(D_2)$  which represents the solution for the equation (4) on the  $D_2$  domain and satisfies the following boundary condition:

$$u|_{\Gamma_2 \cup \Gamma_3(x \leq 0) \cup \Gamma_4} = \varphi(x, y)$$

Let first consider the problem (2) in case where  $0 < m < 1$ ,  $0 < \alpha < 1$ . It is well known that for the problem (2) to have a solution it is sufficient in each point of the boundary of the  $D_1$  domain there exists the function barrier (see. [8], [9]).

**Definition 1.** Let  $(x_0, y_0) \in \partial D$ . The function  $v(x, y)$  is called the barrier in the point  $(x_0, y_0)$  if the following conditions are satisfied at some domain  $D_\delta$  of this point:

1.  $u \in C(\bar{D} \cap \bar{D}_\delta) \cap C^2(D \cap D_\delta)$ ;
2.  $v \geq 0$ , where  $(x, y) \in \bar{D} \cap \bar{D}_\delta$  and  $v = 0$  only in the point  $(x_0, y_0)$ ;
3.  $L_1 v < 0$  in  $D \cap D_\delta$

Firstly let's construct the barrier on  $\Gamma_1$ . Let's show that the following function satisfies the conditions of the barrier in each point of the  $(x_0, y_0) \in \Gamma_1$ , where  $y_0 > 0$ .

$$v = (y - x^\alpha)^\beta + (y - y_0)^2, \quad 0 < \beta < 1$$

Condition (1) and condition (2) are easy to check. Regarding the condition (3) we will need to perform following calculations:

$$\frac{\partial v}{\partial x} = -\alpha\beta(y - x^\alpha)^{\beta-1} x^{\alpha-1}$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = \alpha^2\beta(\beta - 1)(y - x^\alpha)^{\beta-2} x^{2\alpha-2} - \alpha(\alpha - 1)\beta(y - x^\alpha)^{\beta-1} x^{\alpha-2}$$

$$\frac{\partial v}{\partial y} = \beta(y - x^\alpha)^{\beta-1} + 2(y - y_0)$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = \beta(\beta - 1)(y - x^\alpha)^{\beta-2} + 2$$

.Therefore

$$L_1 v = \alpha^2\beta(\beta - 1)(y - x^\alpha)^{\beta-1} x^{\alpha-1} - \alpha(\alpha - 1)\beta(y - x^\alpha)^{\beta} x^{-1} + \beta(\beta - 1)(y - x^\alpha)^{\beta-1} + 2(y - x^\alpha) x^{1-\alpha} + \alpha^2\beta m(y - x^\alpha)^{\beta-1} x^{\alpha-1} + \beta m(y - x^\alpha)^{\beta-1} x^{1-\alpha} + 2mx^{1-\alpha}(y - y_0) + (y - x^\alpha) x^{1-\alpha} cv = \alpha^2\beta(\beta + m - 1)(y - x^\alpha)^{\beta-1} x^{\alpha-1} - \alpha(\alpha - 1)\beta(y - x^\alpha)^{\beta} x^{-1}$$

$$+\beta(\beta - 1)(y - x^\alpha)^{\beta-1} + 2(y - x^\alpha)x^{1-\alpha} + \beta m(y - x^\alpha)^{\beta-1}x^{1-\alpha} + 2mx^{1-\alpha}(y - y_0) + (y - x^\alpha)x^{1-\alpha}cv \quad +$$

Sign of above equation depends on the sign of the expression  $m + \beta - 1$ . If  $m < 1$  then  $\beta$  can be chosen from the range  $0 < \beta < 1$ , so that  $L_1 v < 0$  in the  $D \cap D_\delta$  domain.

Now let's construct the barrier in points, which lay on the curve  $\Gamma_4$

Let's show that the function below satisfies the barrier conditions.

$$v(x, y) = x^\beta + (y - y_0)^2, \quad 0 < \beta < 1, \quad y \geq 0$$

Let's perform following calculations:

$$\frac{\partial v}{\partial x} = \beta x^{\beta-1}$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = \beta(\beta - 1)x^{\beta-2}$$

$$\frac{\partial v}{\partial y} = 2(y - y_0)$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = 2$$

Thus follows:

$$L_1 v = \beta(\beta - 1)(y - x^\alpha)x^{\beta-\alpha-1} + 2(y - x^\alpha)x^{1-\alpha} + \alpha\beta m x^{\beta-1} + 2mx^{1-\alpha}(y - y_0) + (y - x^\alpha)x^{1-\alpha}cv$$

Therefore for each  $m > 0$  in every point of  $\Gamma_4$  barrier exists.

Regarding the  $\Gamma_3$  curve the equation does not degenerate and the barrier in each point  $(x_0, y_0)$  takes the following form:

$$v(x, y) = (x - x_0)^\beta + (y - y_0)^\beta, \quad 0 < \beta < 1,$$

Indeed

$$\frac{\partial v}{\partial x} = \beta(x - x_0)^{\beta-1}$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = \beta(\beta - 1)(x - x_0)^{\beta-2}$$

$$\frac{\partial v}{\partial y} = \beta(y - y_0)^{\beta-1}$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = \beta(\beta - 1)(y - y_0)^{\beta-2}$$

Thus follows:

$$L_1 v = \beta(\beta - 1)[(x - x_0)^{\beta-2} + (y - y_0)^{\beta-2}](y - x^\alpha)x^{1-\alpha} - \alpha\beta m(y - y_0)^{\beta-1}x^{1-\alpha} + (y - x^\alpha)x^{1-\alpha}cv$$

As  $0 < \beta < 1$ , thus  $L_1 v < 0$ . We have showed that the problem 2 has a solution, proof that this solution is unique is derived from the principle of extremes (see. [8], [9]).

Thus following theorem takes place.

**Theorem 1.** If  $0 < m < 1$  and  $0 < \beta < 1$  problem 2 has a unique solution.

Let's solve the problem 3. Solution to this problem is similar to the problem 2 solution. On  $\Gamma_2$  barrier will take the following form: if  $(x_0, y_0) \in \Gamma_2, y_0 > 0$  then

$$v = (y - (-x)^\alpha)^\beta + (y - y_0)^2, \quad 0 < \beta < 1$$

Indeed

$$\frac{\partial v}{\partial x} = \alpha\beta(y - (-x)^\alpha)^{\beta-1}(-x)^{\alpha-1}$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = \alpha^2\beta(\beta - 1)(y - (-x)^\alpha)^{\beta-2}(-x)^{2\alpha-2} - \alpha(\alpha - 1)\beta(y - (-x)^\alpha)^{\beta-1}(-x)^{\alpha-2}$$



$$\frac{\partial v}{\partial y} = 2(y - y_0)$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = 2$$

Thus follows:

$$L_2 v = \alpha^2 \beta (\beta - 1) (y - (-x)^\alpha)^{\beta-1} (-x)^{\alpha-1} - \alpha (\alpha - 1) \beta (y - (-x)^\alpha)^\beta (-x)^{-1} + \beta (\beta - 1) (y - (-x)^\alpha)^{\beta-1} + 2(y - (-x)^\alpha) (-x)^{1-\alpha} + \alpha^2 \beta m (y - (-x)^\alpha)^{\beta-1} (-x)^{\alpha-1} + \beta m (y - (-x)^\alpha)^{\beta-1} (-x)^{1-\alpha} + 2m (-x)^{1-\alpha} (y - y_0) + (y - (-x)^\alpha) (-x)^{1-\alpha} c v = \alpha^2 \beta (\beta + m - 1) (y - (-x)^\alpha)^{\beta-1} (-x)^{\alpha-1} - \alpha (\alpha - 1) \beta (y - (-x)^\alpha)^\beta (-x)^{-1} + \beta (\beta - 1) (y - (-x)^\alpha)^{\beta-1} + 2(y - (-x)^\alpha) (-x)^{1-\alpha} + \beta m (y - (-x)^\alpha)^{\beta-1} (-x)^{1-\alpha} + m (-x)^{1-\alpha} (y - y_0) + (y - (-x)^\alpha) (-x)^{1-\alpha} c v$$

Sign of above equation depends on the sign of the expression  $m + \beta - 1$ . If  $m < 1$  then  $\beta$  can be chosen from the range  $0 < \beta < 1$ , so that  $L_2 v < 0$  on the  $D \cap D_\delta$  domain.

Now let's construct the barrier in points, which lay on the curve  $\Gamma_4$

Let's show that the function below satisfies the barrier conditions.

$$v(x, y) = (-x)^\beta + (y - y_0)^2, \quad 0 < \beta < 1, \quad y \geq 0$$

Let's perform following calculations:

$$\frac{\partial v}{\partial x} = -\beta (-x)^{\beta-1}$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = \beta (\beta - 1) (-x)^{\beta-2}$$

$$\frac{\partial v}{\partial y} = 2(y - y_0)$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = 2$$

Thus follows:

$$L_2 v = \beta (\beta - 1) (y - (-x)^\alpha) (-x)^{\beta-\alpha-1} + 2(y - (-x)^\alpha) (-x)^{1-\alpha} + \alpha \beta m (-x)^{\beta-1} + 2m (-x)^{1-\alpha} (y - y_0) + (y - (-x)^\alpha) (-x)^{1-\alpha} c v$$

As  $0 < \beta < 1$ , thus  $L_1 v < 0$  when  $m > 0$ ,  $0 < \beta < 1$  and  $y \geq 0$ . Thus Following theorem takes place.

**Theorem 2.** If  $0 < m < 1$  and  $0 < \beta < 1$  then problem 3 has a unique solution.

If we take into account the results of the theorem 1 and theorem 2 we can state that the following is also true:

**Theorem 3.**  $0 < m < 1$  and  $0 < \beta < 1$  then problem 1 has a unique solution.

Now let's consider the case when  $m = 1$ . For this case let's consider following problem.

**Problem 4.** Find the function  $u \in C(D_1 \cup D_2 \cup \Gamma_3 \cup \Gamma_4) \cap [C^2(D_1) \cup C^2(D_2)]$  such that  $u$  will be bounded on the domain  $D$ , will be the solution for the equation (3) on  $D_1$  domain, will be solution of the equation (4) on the  $D_2$  domain and will satisfy the following boundary condition:

$$u|_{\Gamma_3 \cup \Gamma_4} = \varphi(x, y)$$

We already found the solution to this problem, we only need to show its uniqueness. For that it is sufficient to show that if  $\varphi \equiv 0$  then  $u \equiv 0$ . First let's show that  $u \equiv 0$  in  $D_1$  domain. Let's consider the function:

$$\omega = -\ln(y - x^\alpha) + d, \quad d > 0$$

Perform following calculation:

$$\frac{\partial \omega}{\partial x} = \alpha (y - x^\alpha)^{-1} x^{\alpha-1}$$

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = \alpha^2 (y - x^\alpha)^{-2} x^{2\alpha-2} + \alpha (\alpha - 1) (y - x^\alpha)^{-1} x^{\alpha-2}$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial y} = -(y - x^\alpha)^{-1}$$

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} = (y - x^\alpha)^{-2}$$

Therefore

$$L_1 \omega = \alpha^2 (y - x^\alpha)^{-1} x^{\alpha-1} + \alpha(\alpha - 1)x^{-1} + (y - x^\alpha)^{-1} x^{\alpha-1} +$$

$$\alpha^2 m (y - x^\alpha)^{-1} x^{\alpha-1} - m (y - x^\alpha)^{-1} x^{1-\alpha} + (y - x^\alpha) x^{1-\alpha} c \omega = \alpha^2 (m - 1) (y - x^\alpha)^{-1} x^{\alpha-1} +$$

$$\alpha(\alpha - 1)x^{-1} + (1 - m)(y - x^\alpha)^{-1} x^{1-\alpha} + (y - x^\alpha) x^{1-\alpha} c \omega$$

When  $m \geq 1$  and  $\alpha \leq 1$  then  $L_1 \omega < 0$ . Choose the constant  $d$  such as  $\omega > 0$  in  $D_1$  domain.

Assume that  $(x_0, y_0)$  point exists such that  $u(x_0, y_0) \neq 0$ . For each  $\varepsilon > 0$  can be found compact  $K \ni (x_0, y_0)$  on which's boundary following inequality will be satisfied:

$$|\pm u + \varepsilon \omega|_K > 0$$

As  $L_2(\pm u + \varepsilon \omega) = \pm L_2(u) + \varepsilon \omega < 0$  on  $K$  therefore based on the principle of extremes following inequality will be satisfied:

$$\pm u(x_0, y_0) + \varepsilon \omega(x_0, y_0) > 0$$

Therefore in the point  $(x_0, y_0)$  following inequality is satisfied:

$$-\varepsilon \omega(x_0, y_0) < u(x_0, y_0) < \varepsilon \omega(x_0, y_0)$$

We get  $u(x_0, y_0) = 0$ , which contradicts to our assumption. Thus  $u \equiv 0$  in  $D_1$  domain.

Similarly we can proof that  $u \equiv 0$  in  $D_2$  domain, thus following theorem takes place:

**Theorem 4.** If  $m \geq 1$  and  $0 < \alpha \leq 1$  then problem 4 has a unique solution.

### 3. CONCLUSION

We have studied the class of problems which are correctly set for the elliptic differential equation with order degenerate on the part of the boundary with nonsmooth coefficients. Correctness of the set problems is depended on the degree of degenerate of the equation also on the geometry of boundary of the considered domain.

Author expresses his sincere gratitude to Professor G. Kipiani for his attention to this work.

### REFERENCES

1. Vekua I.N. Theory of thin gentle shells. Tbilisi, Metsniereba, 1965, 180 p. (in Russian).
2. [Gubelidze D. On a degenerate elliptic equation of the second order in a non-smooth domain// Tbilisi, proceedings of I. Vekua Inst. Appl. Math., 50-51(2000-2001), pp. 58-64.
3. Devdariani G. Elliptic equation of second order with singular coefficient //Differential equations, 1995, vol. 31, 1, pp. 90-93(in Russian).
4. Devdariani G. The systems of elliptic equations with degenerates on the whole smooth boundary// Reports of Academy of Sciences, 1997, vol. 353, 5, p. 1-4. (in Russia)
5. Devdariani G. The system of elliptic equations with degenerates on the whole boundary of rectangle// Differential equations, 1997, vol. 33, 1, p. 85-95. (in Russia)
6. Devdariani G. Weighted problem for second order elliptic equation with singular coefficients. // Differential equations, 1996, vol. 32, 3, p. 346-349. (in Russia)
7. Devdariani G. Second order elliptic equation with singular coefficients.// Differential equations, 1995, vol. 31, 1, p. 90-93. (in Russia)
8. Bitsize A.W. Some class of partial differential equations. Moscow, Nauka, 1981, 448 p. (in Russian).
9. Gilbarg D., Trudinger N. S. Elliptic partial differential equations of the second order. Berlin- Heidelberg- New York, Springer-Verlag, 1997, 464 p.

## ბრუნტის პირობითი წინააღობის $R_0$ განსაზღვრა სიმტკიცის მაჩვენებლების მიხედვით

გ. ჭოხონელიძე, ი. მშვიდლობაძე, გ. ლუტიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. 77, თბილისი,  
საქართველო)

**რეზიუმე:** დღეისათვის სამშენებლო ნორმებში სნ 02.01.08  $R_0$  - გრუნტის პირობითი წინააღობის განსაზღვრა ხდება გრუნტის ფორიანობის კოეფიციენტისა და დენადობის მაჩვენებლების მიხედვით. ჩვენ შემოგვაქვს წინადადება,  $R_0$  განსაზღვრულ იქნას გრუნტის სიმტკიცის ისეთი პირდაპირი მახასიათებლებით, როგორცაა: გრუნტის შიგა ხახუნის კუთე -  $\varphi$  და კუთრი შეჭიდულობა -  $C$ .

**საკვანძო სიტყვები:** გრუნტი, სიმტკიცე, ხახუნის კუთხე, კუთრი შეჭიდულობა, ფორიანობის კოეფიციენტი, დენადობის მაჩვენებელი.

### 1. შესავალი

საქართველოში ამჟამად მოქმედი სამშენებლო ნორმებით სნ 02.01.08  $R_0$  - გრუნტის პირობითი წინააღობის განსაზღვრა ხდება გრუნტის ისეთი ფიზიკური მახასიათებლების მიხედვით, როგორცაა ფორიანობის კოეფიციენტი და დენადობის მაჩვენებელი. ორივე სიდიდე გრუნტის სიმტკიცეს ირიბად გამოხატავს. ფორიანობის კოეფიციენტის გაზრდის შემთხვევაში  $R_0$  იზრდება, ხოლო ტენიანობის გაზრდით,  $R_0$  მცირდება.

ვინაიდან  $R_0$  გრუნტის სიმტკიცის მაჩვენებელია, ჩვენ გთავაზობთ იგი განსაზღვრული იქნას სიმტკიცის ისეთი მაჩვენებლებით, როგორცაა გრუნტის შიგა ხახუნის კუთე -  $\varphi$  და კუთრი შეჭიდულობა -  $C$ . სტატიაში აღნიშნული დამოკიდებულებანი მოცემულია ცხრილის სახით. წინადადებას ვაყენებთ  $R_0$ -ის განსაზღვრა  $\varphi$  და  $C$  -ს საშუალებით შეტანილი იქნას სახელმწიფო ნორმებში.

### 2. პირითაღი ნაწილი

გრუნტის პირობითი წინააღობის  $R_0$  მნიშვნელობის განსაზღვრას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, ვინაიდან იგი ხშირად საფუძვლად ედება საძირკვლის ზომების დადგენას.

საერთოდ, საძირკვლის ზომების დადგენისათვის გამოვდივართ გრუნტის ნორმატიული მნიშვნელობიდან  $R^b$ . იგი წარმოადგენს საძირკვლის ძირზე ისეთ საშუალო წნევას, რომლის მოქმედების შედეგად საძირკვლის ძირის ქვეშ მისი სიგანის მეოთხედ სიღრმეზე წარმოიშვება ადგილობრივი ხასიათის რღვევის ზონები. ამ შემთხვევაში საქმე გვაქვს წნევის მოქმედების პირველ ფაზასთან (შემკვრივების ფაზა).

ფუძე-გრუნტების ჯდომის სიდიდე პირდაპირპროპორციულ დამოკიდებულებაშია მოქმედ წნევასთან. წნევის ისეთ მნიშვნელობას, რომელიც შეესაბამება პროპორციულობის ზღვარს, პირველ კრიტიკულ წნევას უწოდებენ. თუ ფუძეზე მოქმედი წნევა კიდევ უფრო გაიზრდება, გადავდივართ ფუძის დეფორმაციის მეორე ფაზაში. ამ შემთხვევაში აღნიშნული პროპორციული დამოკიდებულება

-

«

»

ორღვევა. ფუძეში წარმოიშვება ძვრის მთელი ზედაპირები რასაც მოყვება გრუნტის ამობურცვა, ამიტომ ამ ფაზას გრუნტის რღვევის, ან ამობურცვის ფაზას უწოდებენ. გარე წნევის იმ მნიშვნელობას, რომელიც მეორე და მესამე ფაზის მიჯნაზე წარმოიშვება, უწოდებენ მეორე კრიტიკულ წნევას, ანუ გრუნტის მდგრადობის ზღვარს. იგი წარმოადგენს გრუნტის მზიდუნარიანობის ზღვარს, შესაბამის წნევას კი ეწოდება ზღვრული წნევა.

იმისათვის, რომ ნაგებობის მდგრადობა დაცული იქნას, ფუძეზე მოქმედი წნევა ნაკლები უნდა იყოს ზღვრულ წნევაზე. მათი განსაზღვრა ხდება დრეკადობის თეორიის საფუძველზე.

ფორმულას აქვს შემდეგი სახე:

$$P_{კრ} = \frac{f(xh + C / tg\zeta)}{ctg\zeta + \{-f / 2}$$

სადაც:

$\gamma$ - გრუნტის ბუნებრივი სიმკვრივეა, გრ/სმ<sup>3</sup>;

$h$ - საძირკვლის ჩაღრმავება, მ;

$\varphi$  - შიგა ხახუნის კუთხე, გრად;

$C$ - გრუნტის კუთრი შეჭიდულობის ძალა, კგ/სმ<sup>2</sup>.

როგორც პრაქტიკამ გვიჩვენა, თუ ვისარგებლებთ ზემოაღნიშნული ფორმულით, საძირკვლის ფართი არაეკონომიური გამოდის, ამიტომ ვუშვებთ ფუძეში მცირე სიდიდის პლასტიკური დეფორმაციების წარმოშობას, მის შესაბამის სიდიდეს კი ეწოდება ნორმატიული წნევა. იგი განისაზღვრება ფორმულით:

$$R^b = (Ab+Bh) \gamma + DC$$

სადაც:  $A$ ,  $B$ , და  $C$  სიდიდეები დამოკიდებულია  $\varphi$  და  $C$  მნიშვნელობებზე და აიღება ცხრილებიდან.

სამშენებლო ნორმები მოითხოვს გრუნტების დახასიათებისას განსაზღვრული იქნეს  $R_0$ . იგი მნიშვნელობით ახლოა ნორმატიულ წნევასთან. იგივე საამშენებლო ნორმებით,  $R_0$ -ის განსაზღვრა ხდება გრუნტის ფიზიკური მახასიათებლებით. სახელდობრ, გრუნტის ფორიანობის კოეფიციენტითა და დენადობის მაჩვენებლების მიხედვით. ახალ სამშენებლო ნორმებში პნ 02.01.08 ზემოაღნიშნული დამოკიდებულება მოცემულია შემდეგი ცხრილის სახით.

ცხრილი 1

მტვროვან-თიხოვანი გრუნტები	ფორიანობის კოეფიციენტი $e$	$R_0$ კპა (კგმ/სმ <sup>2</sup> ), დენადობის მაჩვენებლის მიხედვით	
		$l_L=0$	$l_L=1$
ა) თიხაქვიშა	0.5	300(3.0)	300(3.0)
	0.7	250(2.5)	200(2.0)
ბ) თიხნარი	0.5	300(3.0)	250(2.5)
	0.7	250(2.5)	180(1.8)
	1.0	200(2.0)	100(1.0)
გ) თიხა	0.5	600(6.0)	400(4.0)
	0.6	500(5.0)	300(3.0)
	0.8	300(3.0)	200(2.0)
	1.1	250(2.5)	100(1.0)

როგორც ცხრილი 1-დან ჩანს,  $R_0$  -ის მნიშვნელობას ვიღებთ გრუნტის ორი ძირითადი ფიზიკური მახასიათებლის მიხედვით - გრუნტის ფორიანობის კოეფიციენტისა და დენადობის მაჩვენებლის მიხედვით. მათი არსი შეიძლება გამოვხატოთ შემდეგნაირად, რაც უფრო მცირეა ფორიანობის კოეფიციენტი, მით უფრო დიდია  $R_0$ , ასევე - რაც უფრო სველია გრუნტი, მით უფრო მცირეა  $R_0$ .

ჩვენ შემოგვაქვს წინადადება, ვინაიდან, ნორმატიული წნევა დახასიათებულია  $\phi$ -სა და  $C$ -ს მნიშვნელობათა ცვლილების მიხედვით, პირობითი წინადადება დახასიათებული იქნას გრუნტის სიმტკიცის მაჩვენებლებით. ამ შემთხვევაში გვექნება პირდაპირპროპორციული დამოკიდებულება, რაც უფრო დიდია  $\phi$  და  $C$ , მით უფრო დიდია  $R_0$ .

ქვემოთ გთავაზობთ ცხრილ 2ს, სადაც  $R_0$ -ის მნიშვნელობის განსაზღვრა ხდება გრუნტის  $\phi$ -სა და  $C$  -ს მნიშვნელობათა ცვლილების მიხედვით. ამრიგად,  $R_0$ -ს დახასიათებთ არა ფიზიკური მახასიათებლებით, არამედ გრუნტის სიმტკიცის მაჩვენებლების მიხედვით.

ცხრილი №2

მტვროვან-თიხოვანი გრუნტები	გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხე $\phi$ გრად	$R_0$ კპა (კგ/სმ <sup>2</sup> )	
		$C=0.05-0.25$ კგ/სმ <sup>2</sup>	$C > 0.25$ კგ/სმ <sup>2</sup>
ა) თიხაქვიშა	1 -15	2	2.5
	> 15	2.5	3.0
ბ) თიხნარი	1 - 7	0.6	1.0
	7- 15	1.0	1.5
	> 15	1.5	2.5
გ) თიხა	1 -5	2.1	2.5
	5 - 10	3.2	3.8
	10- 15	4.3	4.9
	> 15	5.5	6.0

ვფიქრობთ რომ, ამ თვალსაზრისით საქართველოში მოქმედი სამშენებლო ნორმები პნ 02.01.08 საჭიროებს გადახედვას.

### 3. დასკვნა

წარმოდგენილი მასალით ჩვენ ვასაბუთებთ, რომ საქართველოში დღეისათვის მოქმედ სამშენებლო ნორმებში, დანართ 3-ში, ცხ. 3 უმჯობესია შეიცვალოს ჩვენს მიერ წარმოდგენილი ცხრილით. ამ შემთხვევაში გრუნტის სიმტკიცის მაჩვენებელი  $R_0$  ისაზღვრება არა გრუნტის სიმტკიცის ისეთი ირიბი მახასიათებლებით, როგორცაა ფორიანობის კოეფიციენტი და დენადობის მაჩვენებელი, არამედ გრუნტის პირდაპირი სიმტკიცის მახასიათებლებით, როგორცაა: გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხე -  $\phi$  და კუთრი შეჭიდულობა -  $C$ .

### ლიტერატურა

1. კერესელიძე „გრუნტების მექანიკა და ფუძე-საძირკვლები“, გამომცემლობა „განათლება“, 1976წ, გვ. 443;
2. სამშენებლო ნორმები სნ 02.01.08-2008;
3. გ. ჭოხონელიძე, დ. კვაჭაძე, გ. ლუტიძე, ი. მშვიდლობაძე - „საინჟინრო ნაგებობები“, გამომცემლობა „ლეო“, 2011წ, გვ. 201.

**ემსკლუატაციის რეალურ პირობებში ასფალტბეტონის  
საფარების დადლილობითი ხანმეღებობის შეფასება**

**თ. პაპუაშვილი, მ. სულამანიძე**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 77, 0175,  
თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** თანამედროვე ჩქაროსნული ინტენსიური მოძრაობის პირობებში ასფალტბეტონის საფარი განიცდის სატრანსპორტო საშუალებების მრავალციკლურ ზემოქმედებას, რომელსაც დინამიკური ხასიათი აქვს და ითვლება საგზაო სამოსების სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მდგომარეობის შემცირების და მისი დანგრევის ერთ-ერთ ძირითად ფაქტორად. ცნობილია რომ ასფალტბეტონის ნგრევა მრავალჯერადი დატვირთვების ზემოქმედების ქვეშ განპირობებულია დადლილობის პროცესებით, ე.ი. მიკროდეფექტების წარმოქმნით და დაგროვებით, სიმტკიცის თანდათანობით შემცირებით დროში.  
**საკვანძო სიტყვები:** გზა, ასფალტბეტონი, ბიტუმი, საგზაო საფარი.

## 1. შესავალი

საგზაო საფარის დადლილობითი რღვევის საკითხისადმი გაზრდილი ინტერესი აიხსნება ყოველწლიურად სატრანსპორტო ნაკადების ზრდისა ერთის მხრივ და ასფალტბეტონის საფარების რეალური სამსახურის ვადის შემცირებით მეორეს მხრივ. სწორედ ამის გამო საგზაო სამოსების პროექტირების რიგ საზღვარგარეთულ მეთოდებში ღუნვადი ფენის მასალის დადლილობაზე ანგარიში არის ძირითადი მოთხოვნა კონსტრუქციის ფენების საჭირო სისქეების განსასაზღვრავად.

## 2. ძირითადი ნაწილი

ვითვალისწინებთ რა, რომ III და IV კატეგორიის გზებზე ორფენიანი ასფალტბეტონის საფარის სისქე 10 სმ-ის ფარგლებშია, ყურადღება უნდა მიექცეს დადლილობით რღვევისადმი საწინააღმდეგო ღონისძიებების დამუშავებას.

არახისტი საგზაო სამოსების გაანგარიშების მეთოდები უნდა ითვალისწინებდეს საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ფენების სისქეების დანიშვნას ძირითადად დასაშვები დრეკადი ჩაღუნვების მიხედვით და მონოლითური ფენების დადლილობითი ნგრევისადმი წინააღმდეგობის გადამოწმებით გაჭიმვისგან ღუნვის დროს და არაბმული კონსტრუქციული ფენების ძვრისადმი მდგრადობის გადამოწმებით.

გამჭიმავი ძაბვის მნიშვნელობები, რომლებიც წარმოიშვება ასფალტბეტონის ფენაში სატრანსპორტო საშუალების გავლისას, იცვლება წლის განმავლობაში საფარის ტემპერატურული რეჟიმისა და მიწის ვაკისის გრუნტის ტენიანობის მიხედვით. ეს ნიშნავს, რომ ასფალტბეტონის ფენების ანგარიშისას, დადლილობითი რღვევის წინაღობაზე, აუცილებელია გათვალისწინებული იქნას რეგიონის კლიმატური ფაქტორები, მაშინ როცა მოქმედ ნორმატიულ დოკუმენტში ასფალტბეტონის დრეკადობის მოდული მიღებულია ერთნაირი ყველა საგზაო კლიმატური ზონისათვის.

კონსტრუირების ტრადიციული მეთოდი ითვალისწინებს ფენების განლაგების სიმტკიცის მახასიათებლების კლებით სიღრმეში, საფარის ქვედა ფენას აწყობენ ფოროვანი ასფალტბეტონისაგან რომელიც ნაკლებ წინააღმდეგობას უწევს

-

«

»

დადლილობით რღვევას. ამასთან ქვედა ფენის მოწყობა უფრო დიდი დრეკადობის მოდულის მქონე მასალით შეუძლებელია ვინაიდან ამ შემთხვევაში შეუძლებელი იქნება მისი გაანგარიშება დასაშვები დრეკადი ჩაღუნვების მეთოდით.

საფარის ფენა უნდა შეირჩეს ისე, რომ წლის ცხელ პერიოდში ადგილი ქონდეს მინიმალურ ნაკვალევს, ხოლო მკვრივმა ქვედა ფენამ ბიტუმის გაზრდილი შემცველობით უნდა უზრუნველყოს ღუნვისას დადლილობის მაღალი წინაღობა. განხორციელებული კვლევები და საავტომობილო გზების ექსპლუატაციის გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ფენების სისქის ზრდა (განსაკუთრებით არაბმული საფუძვლის ფენები) ინტენსიური ჩქაროსნული მოძრაობის პირობებში ვერ უზრუნველყოფს საგზაო კონსტრუქციის სამსახურის მოთხოვნილ ვადას, თუმცა ამადლებს მის საერთო დრეკადობის მოდულს. საგზაო კონსტრუქციის ხანგამძლეობის გაზრდის მიზნით საჭიროა ახალი ეფექტური კონსტრუქციული გადაწყვეტის მოძიება და მათი აპრობაცია.

კვლევების შედეგად დაგროვილია საკმაო გამოცდილება მასალათა გამოყენების გადაწყვეტილების ასფალტბეტონის დადლილობით ხანმედევობის ამადლების მიზნით; ასფალტბეტონის ფორიანობის შემცირების კუთხით; ბიტუმის სიბლანტის ამადლების კუთხით; მოდიფიცირებადი და გამაძლიერებელი დანამატების შეყვანით და არმირებადი ქვესაგებების გამოყენებით. ამასთან ქვეყნის სტანდარტებში ასფალტბეტონის ნარეგების მრავალჯერადი დატვირთვის პირობებში დადლილობის სიმტკიცისადმი წაყენებული მეთოდებისა და მოთხოვნების არ არსებობის გამო გამორიცხავს ასფალტბეტონის ნარეგების შემადგენლობის მიზან მიმართული შერჩევის შესაძლებლობას, რასაც მიუყვართ ნარეგების ტიპების შერჩევის არასწორ გადაწყვეტილებამდე, რაც მიუთითებს პოლიმერული და არმირებადი დანამატების გამოყენების მიზანშეწონილობაზე.

თანამედროვე პირობებში სატრანსპორტო საშუალებები მაღალჩქაროსნული ინტენსიური მოძრაობის პირობებში საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ფენების მასალების ხანგამძლეობის ობიექტურად შეფასების მიზნით, აუცილებელია გადავიდეთ მათი გამოცდის ახალ მეთოდებზე, რომლებიც შეესაბამება სატრანსპორტო ნაკადის რეალურ დატვირთვის ზემოქმედებას.

გამოცდის ასეთი მეთოდები ხორციელდება მრავალ ქვეყანაში. ევროპული სტანდარტების პროექტის მიხედვით (EN 12697-24), მაგალითისათვის, დადლილობითი სიმტკიცის განსაზღვრა ხორციელდება დატვირთვის სიხშირის 10 ჰც, 25 ჰც, აგრეთვე სიხშირის დიაპაზონში 1 ჰც-დან 60 ჰც-მდე.

ამგვარად ასფალტბეტონის საფარების დადლილობითი ხანმედევობის ამადლების პრობლემების გადაწყვეტა უნდა იყოს ყოველმხრივი და კომპლექსური, რომელიც მოიცავს:

არახისტი საგზაო სამოსების პროექტირების სტადიაზე-ასფალტბეტონის საფარების ანგარიშს დადლილობით ხანმედევობაზე დატვირთვის განსაკუთრებულობის გათვალისწინებით, მოცემულ კლიმატურ პირობებში წლის განსხვავებულ პერიოდში;

ასფალტბეტონის საფარის დადლილობითი ხანგამძლეობის გაზრდის კონსტრუქციული გადაწყვეტის ეფექტურობის ანალიზი;

ასფალტბეტონის ნარეგების დადლილობითი სიმტკიცის გამოცდის განხორციელება მრავალჯერადი დატვირთვისას შემადგენლობის შერჩევის მიზნით, რომელიც უზრუნველყოფს ასფალტბეტონის მოცემულ საექსპლუატაციო თვისებებს;

-

«

»

საავტომობილო გზების ექსპლუატაციის სტადიაზე სატრანსპორტო საშუალებების დინამიკური ზემოქმედების მახასიათებლების ანგარიში საგზაო სამოსის ფაქტიური სისწორის გათვალისწინებით;

ექსპლუატაციაში მყოფი ასფალტბეტონის საფარების დადლილობით ხანმედევობის ანგარიში და საგზაო საფარის ნარჩენი რესურსის პროგნოზირება რეალური დატვირთვის გათვალისწინებით.

საფარიდან ამოღებული ასფალტბეტონის დადლილობის სიმტკიცის გამოცდის განხორციელება;

პირველ ეტაპზე ხორციელდება ასფალტბეტონის საფარის დინამიკური დატვირთვის მახასიათებლების ანგარიში მოცემულ საავტომობილო გზაზე წლის განმავლობაში.

საგზაო საფარის სისწორის საექსპლუატაციო მახასიათებელი და მოძრაობის ჩქაროსნული რეჟიმი განსაზღვრავს სატრანსპორტო საშუალებების დინამიკური ზემოქმედების სიხშირულ მახასიათებლებს. საგზაო დატვირთვის დინამიკური მახასიათებლების ანგარიში ხორციელდება დამუშავებული მათემატიკური მოდელის „საგზაო კონსტრუქცია-გრუნტი“ გამოყენებით სატრანსპორტო ნაკადის მოცემული შემადგენლობისათვის. ამასთან ითვალისწინებენ კლიმატური ფაქტორების სეზონურ ცვლილებას, რომელიც დამახასიათებელია მოცემული რეგიონისათვის. ეს მეთოდი (საანგარიშო-თეორიული) შეიძლება გათვალისწინებული იქნას როგორც ახალი საგზაო კონსტრუქციის პროექტირებისას გაცილებით ეფექტური და ხანგამძლე ასფალტბეტონის საფარის დასაბუთებისათვის, აგრეთვე საავტომობილო გზების ექსპლუატაციისათვის საგზაო სამოსის ნარჩენი რესურსის გაანგარიშებისათვის სატრანსპორტო ნაკადის რეალური დინამიკური ზემოქმედებისას. ექსპლუატაციაში მყოფი საგზაო სამოსებისათვის მიზანშეწონილია გამოყენებული იქნას ექსპერიმენტალური მეთოდი, რომლის დროსაც ასფალტბეტონის საფარის დატვირთვის დინამიკური მახასიათებლები განისაზღვრება ნატურალური გაზომვების პროცესში ვიბროგამზომი კომპლექსის გამოყენებით. მეორე ეტაპზე ხორციელდება ასფალტბეტონის ხანმედევობის ანგარიში დატვირთვისას საექსპლუატაციო რეჟიმის პირობებში.

ექსპლუატაციაში მყოფი საავტომობილო გზის საფარიდან ამოღებული ასფალტბეტონის დადლილობით რღვევაზე გამოცდა დატვირთვის რეალური რეჟიმის პირობებში, საშუალებას იძლევა გავაკეთოთ პროგნოზი ასფალტბეტონის საფარის ნარჩენ რესურსზე და დასაბუთებულად დავნიშნოთ სარემონტო სამუშაოების სახეები და ვადები.

### 3. დასკვნა

- თანამედროვე ჩქაროსნული ინტენსიური მოძრაობის პირობებში სატრანსპორტო საშუალებების ზემოქმედება საგზაო კონსტრუქციაზე ატარებს გამოკვეთილ დინამიკურ ხასიათს, რაც იწვევს დატვირთვების ზრდას საგზაო კონსტრუქციაზე და ასფალტბეტონის საფარის დადლილობით ხანმედევობის შემცირებას.
- ჩვენს ქვეყანაში გამოყენებული დადლილობით გამოწვეულ რღვევისადმი მონოლითური ფენების წინააღმდეგ საგზაო სამოსების ანგარიში არასრულყოფილია, გააჩნია რიგი ნაკლოვანებებისა, რაც არ იძლევა პროექტირების სტადიაზე მიღებულ იქნას ოპტიმალური გადაწყვეტა ასფალტბეტონის საფარის დადლილობით ხანმედევობის გაზრდის მიზნით.



საგზაო კონსტრუქციის ხანმედგობის გაზრდის მიზნით საჭიროა ახალი ეფექტური კონსტრუქციული გადაწყვეტების მოძიება და აპრობაცია, მაგალითად, ასფალტბეტონის საფარების ქვედა ფენების მოწყობა მკვერივი ნარეგებისაგან ბიტუმის გაზრდილი შემცველობით, რაც უზრუნველყოფს დადლილობისადმი მაღალ წინაღობას ღუნვის დროს; არმირებადი შრეების მოწყობა და სხვა. სტანდარტებში ასფალტბეტონის ნარეგებისადმი მრავალჯერადი დატვირთვისას დადლილობის სიმტკიცის კუთხით წაყენებული მოთხოვნებით და მეთოდებით არ არსებობის გამო შეუძლებელია ასფალტბეტონების ნარეგების მიზან მიმართული შერჩევა გაზრდილი დადლილობის სიმტკიცით, რასაც მივყავართ არასწორ გადაწყვეტილებამდე ნარეგების ტიპების შერჩევის დროს. საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ფენების მასალების ხანმედგობის ობიექტური განსაზღვრის მიზნით აუცილებელია გადავიდეთ მათი გამოცდის ახალ მეთოდებზე, რომელიც შეესაბამება დატვირთვის პირობების მიხედვით სატრანსპორტო ნაკადის რეალურ დინამიკურ ზემოქმედებას. სატრანსპორტო ნაკადის დინამიკური ზემოქმედება საგზაო სამოსზე დამოკიდებულია საგზაო სამოსის სისწორეზე და მოძრაობის ჩქაროსნულ რეჟიმზე.

### ლიტერატურა

1. . . . . « . . . . . » ( )// . 2005, 1, .32-33.
2. . . . . / . . . . . , . 105. . 1979, . 142-155.
3. . . . . . – . : . 1992. -253 .

\*(  
 \*\*, ( 6010, 77, 0175, 35, ) )

1. [1, 2], [3, 4].

2. (  $\omega$  )
1.  $\xi_i^{ijs}, \xi_j^{ijs}, [\varphi_i^{ijs}], [\varphi_j^{ijs}]$
  2.  $[K^{ijs}], \bar{Q}_i^{ijs}$
  3.  $[G]$
  - 4.
  - 5.
  6. ;
  7.  $[P]$
  8.  $\vec{\Delta}_i$
  - 9.

10.

$$\vec{W}_i^{ijs} = [\varphi_i^{ijs}]^T \vec{\Delta}_i, \vec{W}_j^{ijs} = [\varphi_j^{ijs}]^T \vec{\Delta}_i$$

11.

APD05Z

/1.

APD05Z: PPOC(NR,NA,NB,NG,GR,MECHR,SL,NS,NC,NH,GS,GEOMP,  
 SZ, N 1, NS1,NHA,NHS, HSA, MECHSS,  
 NX,XS,MS,NP,GA,NQ,NQR,QR,OMEGAR,QXYZ1,  
 YR,YER,YQR,YS,YQS);

D L (NB,QR,NH,GS,GS1,NHS,XS,(QR)(\*,\*),  
 (MECHR, GEOMP, MECHSZ, MECHSA, MECHSS, QXYZ1 )ENTPY,  
 (MS,GA)(\*),  
 (YR, YER, YQR, YS, YQS)(\* ,\*) FLOAT(16)CPLX;

NQ - ;

NQR - ;

QR(1:NQR,Q:4) - ;

OMEGLAR - ;

QXYZ1 - ;

QXYZ1,

QS(1:NQS,0:6), NQS -

( . 1).

QS	P	q <sub>x0</sub>	q <sub>12</sub>	q <sub>20</sub>	q <sub>2C</sub>	q <sub>Z0</sub>	q <sub>Z</sub>
1							
...							
NQS							

PD5Z

YR(1:NR,1:4) -

$u_i, \omega_i, \varphi_i, v_i$ ;

YER(1:NG,1:4) -

$\varepsilon, \alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$  ;

YQR(1:NG,1:4) -

$T, M_x, M_y, M$  ;

YS(1: ,1:8) - , s-

$T_{11}^s, Q_{11}^s, M_{11}^s, s^s, u^s, w^s,$   
 $\theta_{11}^s, u^s$  s-

YQR(1: ,1:8) - , s-

$E_{11}^s, E_{12}^s, E_{22}^s, K_{11}^s, K_{12}^s, K_{22}^s,$

$T_{22}^s, M_{22}^s$  s-

PDO5Z

APV052 AED052,

< > JOB < >  
EXEC APMCM,V=CAFCMØ  
DL=< 0 >  
L=< >  
DS=< >  
S=< >

a)

b)

c)

$\alpha_1^P$

S Ø1ØZ -  
SPØ2ØZ -

: SPØ11Z SPØ21Z.

-7927

-

«

»

- & .

“ ”

0

-

e

<

>

( , ),

#R PI1Ø

( )

“ ”

#PZ10#R APMPØ

( )

#MNJ

( )

#DA1

( )

#C1#R PR10

( )

#R PZ10

( )-( ).

#E

-

«

»

26,

26,

- 26,

- 33,

### 3.

1. . . .  
призматических конструкций//  
. 630. : , 1979, .39–45.
2. . . .  
//  
, 1978. .70–73.
3. . . .  
. 27.10.84. 7333/8.
4. . . .  
// II .  
: 1984. 37. . . .  
конструкций.

ატმოსფერული ნალექების გავლენა არსებულ ანაკრებ  
კონსტრუქციებზე

ნ. მურღულია, ბ. ჭურჭელაური, ზ. ჭურჭელაური

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 0175 მ. კოსტავას 77,  
საქართველო, თბილისი)

**რეზიუმე:** სტატიაში გაანალიზებულია ქ. თბილისში, 31-ე ქარხნის ტერიტორიაზე არსებული ძირითადი და მის მომიჯნავედ განთავსებული ორი დამხმარე საწარმო კორპუსების ვიზუალური დათვალიერების შედეგად გამოვლენილი დეფექტები. დადგენილია მზიდი კარკასის კონსტრუქციების მასალათა მახასიათებლები, რის საფუძველზეც შედგენილია შესაბამისი უწყისი. ჩატარებული კვლევების შედეგების ანალიზის საფუძველზე, შედგენილია რეკომენდაციების და ტექნიკური ექსპერტიზის დასკვნა.

**საკვანძო სიტყვები:** ეფექტები, მზიდი კარკასი, ბზარები, ეროზია, ჰიდროლიზოლაცია, სვეტ-პილინები, გაწყლოვანება.

## 1. შინაგალი

ქ. თბილისის 31-ე საავიაციო ქარხანა შეიქმნა 1941 წლის 15 დეკემბერს. მეორე მსოფლიო ომის დასაწყისში ტაგანროგისა და სევასტოპოლის (უკრაინა) საავიაციო ქარხნები თბილისში იქნა ევაკუირებული.

თვითონ ქ. თბილისის №31-ე ქარხნის დამკვეთის მიერ საკვლევად წარმოდგენილი საწარმო კორპუსების შენობები აგებულია 1960-62 წლებში. (შენობის პროექტის ავტორები უცნობია). ორიენტაციის თვალსაზრისით შენობა შედგება ორი ბლოკისაგან: 1. პირველი ბლოკი (ძირითადი საწარმო კორპუსი №1) შედგენილია ოთხი ნაკვეთურისაგან ზომებით 48X72 მ, საერთო სიგრძე  $L=4X72=288,0$  მ. 2. ბლოკი (დამხმარე საწარმო კორპუსი №2) შედგენილია ხუთი ნაკვეთურისაგან ზომებით 2X24X60 მ.  $n=4$  ცალი და 2X24X48მ.  $n=1$  ცალი, საერთო სიგრძე  $L=4X60+48=288,0$  მ.

სამშენებლო კლიმატოლოგიის (პნ.01.05-08)-ის მონაცემების მიხედვით ქ. თბილისის აღნიშნული ტერიტორია მდებარეობს ზღვის დონიდან 380 მ-ზე.

ა) იანვრის საშუალო ტემპერატურა  $-0$  დან  $+2^0$  C-მდე;

ბ) ივლისის საშუალო ტემპერატურა  $+25^0$  C-დან  $+28^0$  C-მდე;

საკვლევი ობიექტი შედგება სამი საამქროსაგან:

სექცია „დ-ე-1-49“. –ძირითადი საწარმო კორპუსი. შეკიდული ამწეები (4 ნაკვეთური) 35).

სექცია „ა-ბ-1-49“. –დამხმარე საწარმო კორპუსი. ხიდურა ამწე (5 ნაკვეთური). აღნიშნული საამქროს გარკვეულ ნაწილზე მოწყობილია სარდაფი.

სექცია „ბ-გ-1-49“. –დამხმარე საწარმო კორპუსი. ხიდურა ამწე (5 ნაკვეთური).

## 2. ძირითადი ნაწილი

„26“ და „27“ ღერძებს შორის („ა“ და „ბ“ ღერძების შუა ზონაში ჩანგრეულია იატაკის ბეტონის ფილა და მასზე მოწყობილი ბეტონის მოჭიმვა. მეორე ბლოკს გარკვეულ ნაწილზე მოწყობილი აქვს სარდაფი, რომლის გადახურვაზეც აღინიშნება მნიშვნელოვანი გაწყლოვანების უბნები.

დამხმარე საწარმო კორპუსს „ა“ და „გ“ ღერძებზე მოწყობილი აქვს შევსების სახით სილიკატური აგურის წყობის კედლები. აღნიშნულ კედლებში განთავსებულია

-

«

»

ანტივისმური რკინა-ბეტონის სარტყელები, რომლებიც არ ხასიათდება დეფორმაციებით, ძალოვანი დაზიანებებით და შესაბამისად ნორმალურ მდგომარეობაშია.

აღნიშნულ საწარმოს №2 ბლოკს (დამხმარე საწარმოო კორპუსი) „ა“ და „ბ“ ღერძებზე მოწყობილი აქვს წითელი სამშენებლო აგურის წყობის კედლები, რომლებშიც განთავსებულია ტრანსფორმირებადი სააგეომობილო ჭიშკრები, შესასვლელები ქვეითათვის და ღიობები ვიტრაჟების სახით. აღნიშნულ კედლის წყობებში აღინიშნება ძირითადად ვერტიკალური ორიენტაციის ბზარები, ატმოსფერული ნალექის ზემოქმედებით ეროზირებული და დანესტიანებული უბნები. ვიტრაჟის სექციებიანი ფანჯრები ბევრ ადგილზე ჩამტვრეულია.

მე-2 ბლოკში (დამხმარე საწარმოო კორპუსი) „ა“ და „ბ“ ღერძებზე მოწყობილია გარე რიგის ერთთაროიანი ანაკრები რკინა-ბეტონის სვეტები, ხოლო „ბ“ ღერძზე მოწყობილია შუა რიგის ორთაროიანი ანაკრები რკინა-ბეტონის სვეტები. აღნიშნული სვეტების ზედა ნიშნულზე აღინიშნება დანესტიანების კვალი. ამ სვეტებზე არ ფიქსირდება ძალოვანი დეფორმაციები და ბზარები.

მე-2 ბლოკში (დამხმარე საწარმოო კორპუსი) „ბ“ ღერძის ზონაში მოწყობილია ანტრესოლის კონსტრუქცია, რომელიც შედგება ანაკრები რკინა-ბეტონის, სვეტების, კოჭების და განივად განთავსებული გადახურვის წიბოვანი ფილებისაგან.

მე-2 ბლოკში „ა“, „ბ“ და „გ“ ღერძებზე არსებული სვეტების მაკავშირებლად ზედა ნიშნულზე მოწყობილია პოლიგონალური მოხაზულობის რკინა-ბეტონის წამწეები. აღნიშნული წამწეები წინასწარ დაძაბული ტიპისაა. ამ კონსტრუქციებზე არ აღინიშნება ძალოვანი დეფორმაციები და ბზარები. წამწეების წინასწარ დაძაბულ არმირებების ხილულ დაბოლოებებზე ვიზუალურად აღინიშნება კოროზიისათვის დამახასიათებელი ნიშნები, რაც განპირობებულია სახურავის ბურუნის უწესივრობების გამო. ასევე აღნიშნული დაბოლოებები დარჩენილი იყო ღია გარემოში, შებეტონების გარეშე.

აღნიშნულ საწარმოში ხიდურა ამწეების მოძრაობის უზრუნველსაყოფად მოწყობილია ამწეებს რკინა-ბეტონის კოჭები. ისინი არ ხასიათდებიან ძალოვანი დეფორმაციებით და ბზარებით. მათ უბნებზე აღინიშნება დანესტიანების კვალი.

მე-2 ბლოკში არსებული პოლიგონალური მოხაზულობის წამწეების მაკავშირებლებლად გამოყენებულია ფოლადის ელემენტები. მათზე არ აღინიშნება ძალოვანი დეფორმაციები და ბზარები. ზედაპირებზე აღინიშნებათ კოროზიისათვის დამახასიათებელი ნიშნები.

დამხმარე საწარმოო კორპუსს „ა“ და „ბ“ ღერძებზე (ბოლო ნიშნულზე) მოწყობილი აქვს სილიკატური აგურის წყობის კარნიზი, რომლის ზედა ნიშნულზეც განთავსებული აქვს ხუთი აგური რიგის სიმაღლის დაბოლოება. აღნიშნული კონსტრუქცია ხასიათდება გამოფიტული ეროზირებული და ჩამოშლილი უბნებით. აღნიშნული კარკასის ვერტიკალურ ზედაპირებიდან ამძვრალია დამცავი რუბეროიდის ფენა, რომლის მცირე ფრაგმენტებია შემორჩენილი.

აღნიშნულ კორპუსს „1“ და „49“ ღერძებზე ფასადურ კედლებამდე ზონა შევსებული აქვს ხის ელემენტებით, რომლებიც გარემოს ზემოქმედებიდან გამომდინარე, დანესტიანებული და ობირებულია.

დამხმარე საწარმოო კორპუსს გადახურვის ანაკრები რკინა-ბეტონის წიბოვანი ფილების ზედა ნიშნულზე მოწყობილი აქვს დამათბუნებელი ფენა, რომლის ზემოდანაც წლების განმავლობაში სხვადასხვა დროს მოწყობილი აქვს რუბეროიდის სამი ფენა, მისი ზედაპირები ხასიათდება ამოტეხილი უბნებით, განშრევებული და ეროზირებული ზონებით, საიდანაც ინტერიერში ჩაჟონილი გარემოდან მოსული ნალექების კვალი ვიზუალურად მკვეთრად აისახება გადახურვის წიბოვანი ფილების ქვედა ზედაპირებზე.



-

«

»

ბურუსის ფენაში მოწყობილია წყლარინებითი სისტემის ძაბრები, რომლებსაც რიგ ადგილებზე მომჭვრალი აქვს ლითონის ბადის მცირე ცხაურები.

ძირითად საწარმოო კორპუსში „ე“ და „დ“ გამოყენებულია ანაკრები, განშტოებიანი რკინა-ბეტონის მთავარი სვეტები. განშტოებებში, ვერტიკალურად განთავსებულია Ø32-იანი მუშა არმატურები. საკიდების სახით, გამოყენებულია Ø12-იანი არმატურები, ბიჯით 15-20სმ.

სვეტების განშტოებების შემაერთებელ ელემენტებში გამოყენებულია Ø14-იანი მუშა არმატურები. საკიდების სახით მოწყობილია Ø10-იანი არმატურები, ბიჯით 10-12 სმ. აღნიშნული მიმართულებით კვლევა განხორციელდა ურდვევი კონტროლის მეთოდის გამოყენებით. მიღებული მონაცემები მოყვანილია ცხრილ №1-ში.

ცხრილი №1

1	უბანი	კონსტრუქციის დასახელება	ჩაქუნზვადებულიანათვალის სიმტ. მპა	ანათვლის შესაბამისი სიმტ. მპა	სიმტ. კგდ /სმ <sup>2</sup>	შენიშვნა
					6	
2	3	4	5	6	7	
	ზონა „ე-დ-1-49	სვეტები:				
1	„-----“	„ე-1“	25,5	24	245	
2	„-----“	„დ-4“	26,6	25	255	
3	„-----“	„ე-7“	27,7	26	265	
4	„-----“	„დ-10“	25,5	24	245	
5	„-----“	„ე-13“	24,4	23	235	
6	„-----“	„დ-16“	26	24,5	250	
7	„-----“	„ე-19“	27	25,5	260	
8	„-----“	„დ-22“	24,9	23,5	240	
9	„-----“	„ე-25“	25,5	24	245	
10	„-----“	„დ-28“	26,6	25	255	
11	„-----“	„ე-31“	26,6	25	255	
12	„-----“	„დ-34“	27	25,5	260	
13	„-----“	„ე-37“	27	25,5	260	
14	„-----“	„დ-40“	26,6	25	255	
15	„-----“	„ე-43“	26,6	25	255	
16	„-----“	„დ-46“	25,5	24	245	
17	„-----“	„ე-49“	24,9	23,5	240	

წარმოდგენილ ცხრილ №1-ში თითოეულ სვეტიდან აღებულია ათი რეპერული წერტილის მნიშვნელობა, რომელთა საშუალო მონაცემი წარმოადგენს თითოეულ

გრაფაში საშუალო მნიშვნელობებს. აღნიშნული ვერტიკალური კონსტრუქციებისათვის დიაპაზონი იცვლება 235 კგდ/სმ<sup>2</sup>-დან 265 კგდ/სმ<sup>2</sup>-მდე, აღნიშნული მნიშვნელობები ხასიათდება მონაცემთა უმნიშვნელო გაბნევით, რაც მიუთითებს ბეტონის ფაქტურის საკმარის ერთგვაროვნებაზე.

1. ზონა „ე-დ-1-2“-ში, („1“ღერძთან ფილა №3) რეპერული წერტილებიდან მიღებული შედეგები იხ. ცხრილ №2-ში.

ცხრილი №2

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V <sub>მგ</sub>	+85	+105	+115	+110	+120	+125	+120	+130	+125	+115

V<sub>საშ</sub> = +115 მგ.

( 13819 — 68)

როგორც ცხრილის პოტენციალთა სხვაობის მონაცემებიდან ჩანს ლითონის მითითებულ ელემენტზე განვითარებულია სტრუქტურული ჟანგვა. V<sub>საშ</sub> = +115მგ.

-

«

»

მნიშვნელობა 55 ერთეულით აღემატება ზედაპირული ჟანგვის დასაშვებ დიაპაზონს. (დასაშვები დიაპაზონია 0-დან +60 მგ-მდე)

პოტენციალთა სხვაობის დადებითი მაჩვენებელი მიუთითებს  $\text{CuSO}_4$ -ით განვითარებულ სტრუქტურულ ჟანგვაზე, რაც განპირობებულია ატმოსფერული ნალექების წლების მანძილზე ინტერიერში ჩაჟონვის გამო.

2. ზონა „ე-დ-1-2“-ში, („1“ღერძთან ფილა №6) რეპერული წერტილებიდან მიღებული შედეგები იხ. ცხრილ №3-ში.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{\text{მგ}}$	+90	+105	+115	+112	+118	+125	+120	+130	+125	+117

$$V_{\text{საშ.}} = +116 \text{ მგ.} \quad (13819 - 68)$$

როგორც ცხრილის პოტენციალთა სხვაობის მონაცემებიდან ჩანს ლითონის მითითებულ ელემენტზე განვითარებულია სტრუქტურული ჟანგვა.  $V_{\text{საშ.}} = +116$  მგ. მნიშვნელობა 56 ერთეულით აღემატება ზედაპირული ჟანგვის დასაშვებ დიაპაზონს. (დასაშვები დიაპაზონია 0-დან +60 მგ-მდე)

პოტენციალთა სხვაობის დადებითი მაჩვენებელი მიუთითებს  $\text{CuSO}_4$ -ით განვითარებულ სტრუქტურულ ჟანგვაზე, რაც განპირობებულია ატმოსფერული ნალექების წლების მანძილზე ინტერიერში ჩაჟონვის გამო.

3. ზონა „ე-დ-1-2“-ში, („2“ღერძთან ფილა №1) რეპერული წერტილებიდან მიღებული შედეგები იხ. ცხრილ №4-ში.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{\text{მგ}}$	+95	+125	+115	+112	+118	+125	+123	+130	+125	+118

$$V_{\text{საშ.}} = +119 \text{ მგ.} \quad (13819 - 68)$$

როგორც ცხრილის პოტენციალთა სხვაობის მონაცემებიდან ჩანს ლითონის მითითებულ ელემენტზე განვითარებულია სტრუქტურული ჟანგვა.  $V_{\text{საშ.}} = +119$  მგ. მნიშვნელობა 59 ერთეულით აღემატება ზედაპირული ჟანგვის დასაშვებ დიაპაზონს. (დასაშვები დიაპაზონია 0-დან +60 მგ-მდე)

პოტენციალთა სხვაობის დადებითი მაჩვენებელი მიუთითებს  $\text{CuSO}_4$ -ით განვითარებულ სტრუქტურულ ჟანგვაზე, რაც განპირობებულია ატმოსფერული ნალექების წლების მანძილზე ინტერიერში ჩაჟონვის გამო.

4. ზონა „ე-დ-2-3“-ში, („3“ღერძთან ფილა №6) რეპერული წერტილებიდან მიღებული შედეგები იხ. ცხრილ №5-ში.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{\text{მგ}}$	+68	+70	+65	+61	+58	+67	+64	+69	+71	+62

$$V_{\text{საშ.}} = +66 \text{ მგ.} \quad (13819 - 68)$$

როგორც ცხრილის პოტენციალთა სხვაობის მონაცემებიდან ჩანს ლითონის მითითებულ ელემენტზე განვითარებულია სტრუქტურული ჟანგვა.  $V_{\text{საშ.}} = +66$  მგ. მნიშვნელობა 6 ერთეულით აღემატება ზედაპირული ჟანგვის დასაშვებ დიაპაზონს. (დასაშვები დიაპაზონია 0-დან +60 მგ-მდე)

პოტენციალთა სხვაობის დადებითი მაჩვენებელი მიუთითებს  $\text{CuSO}_4$ -ით განვითარებულ სტრუქტურულ მინიმალური ხარისხის კოროზიაზე.

5. ზონა „ე-დ-4-5“-ში, („4“ღერძთან ფილა №1) რეპერული წერტილებიდან მიღებული შედეგები იხ. ცხრილ №6-ში.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{\text{მგ}}$	+105	+100	+115	+118	+120	+116	+112	+123	+125	+119

$$V_{\text{საშ.}} = +115 \text{ მგ.} \quad (13819 - 68)$$

-

«

»

როგორც ცხრილის პოტენციალთა სხვაობის მონაცემებიდან ჩანს ლითონის მითითებულ ელემენტზე განვითარებულია სტრუქტურული ჟანგვა.  $V_{საშ.} = +115$  მგ. მნიშვნელობა 55 ერთეულით აღემატება ზედაპირული ჟანგვის დასაშვებ დიაპაზონს. (დასაშვები დიაპაზონია 0-დან +60 მგ-მდე)

პოტენციალთა სხვაობის დადებითი მაჩვენებელი მიუთითებს  $CuSO_4$ -ით განვითარებულ სტრუქტურულ ჟანგვაზე, რაც განპირობებულია ატმოსფერული ნალექების წლების მანძილზე ინტერიერში ჩაჟონვის გამო.

6. ზონა „ე-დ-6-7“-ში, („6“ღერძთან ფილა №5) რეპერული წერტილებიდან მიღებული შედეგები იხ. ცხრილ №7-ში.

ცხრილი №7

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{შპ}$	+61	+63	+67	+65	+70	+59	+60	+68	+67	+62

$V_{საშ.} = +64$ მგ.

( 13819 — 68)

როგორც ცხრილის პოტენციალთა სხვაობის მონაცემებიდან ჩანს ლითონის მითითებულ ელემენტზე განვითარებულია სტრუქტურული ჟანგვა.  $V_{საშ.} = +64$  მგ. მნიშვნელობა 4 ერთეულით აღემატება ზედაპირული ჟანგვის დასაშვებ დიაპაზონს. (დასაშვები დიაპაზონია 0-დან +60 მგ-მდე). პოტენციალთა სხვაობის დადებითი მაჩვენებელი მიუთითებს  $CuSO_4$ -ით განვითარებულ სტრუქტურულ მინიმალური ხარისხის კოროზიაზე.

7. ზონა „ე-დ-10-11“-ში, („10“ღერძთან ფილა №8) რეპერული წერტილებიდან მიღებული შედეგები იხ. ცხრილ №8-ში.

ცხრილი №8

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{შპ}$	+99	+105	+120	+118	+123	+125	+116	+113	+108	+117

$V_{საშ.} = +114$ მგ.

( 13819 — 68)

როგორც ცხრილის პოტენციალთა სხვაობის მონაცემებიდან ჩანს ლითონის მითითებულ ელემენტზე განვითარებულია სტრუქტურული ჟანგვა.  $V_{საშ.} = +114$  მგ. მნიშვნელობა 54 ერთეულით აღემატება ზედაპირული ჟანგვის დასაშვებ დიაპაზონს. (დასაშვები დიაპაზონია 0-დან +60 მგ-მდე)

პოტენციალთა სხვაობის დადებითი მაჩვენებელი მიუთითებს  $CuSO_4$ -ით განვითარებულ სტრუქტურულ ჟანგვაზე, რაც განპირობებულია ატმოსფერული ნალექების წლების მანძილზე ინტერიერში ჩაჟონვის გამო.

8. ზონა „ე-დ-12-13“-ში, („12“ღერძთან ფილა №3) რეპერული წერტილებიდან მიღებული შედეგები იხ. ცხრილ №9-ში.

ცხრილი №9

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{შპ}$	+61	+63	+68	+70	+62	+71	+60	+64	+67	+63

$V_{საშ.} = +65$ მგ.

( 13819 — 68)

როგორც ცხრილის პოტენციალთა სხვაობის მონაცემებიდან ჩანს ლითონის მითითებულ ელემენტზე განვითარებულია სტრუქტურული ჟანგვა.  $V_{საშ.} = +65$  მგ. მნიშვნელობა 5 ერთეულით აღემატება ზედაპირული ჟანგვის დასაშვებ დიაპაზონს. (დასაშვები დიაპაზონია 0-დან +60 მგ-მდე) პოტენციალთა სხვაობის დადებითი მაჩვენებელი მიუთითებს  $CuSO_4$ -ით განვითარებულ სტრუქტურულ მინიმალური ხარისხის კოროზიაზე.

9. ზონა „ე-დ-14-15“-ში, („15“ღერძთან ფილა №8) რეპერული წერტილებიდან მიღებული შედეგები იხ. ცხრილ №10-ში.

ცხრილი №10

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{შპ}$	+118	+120	+123	+115	+117	+119	+122	+125	+116	+121

$V_{საშ.} = +120$ მგ.

( 13819 — 68)

როგორც ცხრილის პოტენციალთა სხვაობის მონაცემებიდან ჩანს ლითონის მითითებულ ელემენტზე განვითარებულია სტრუქტურული ჟანგვა.  $V_{საშ.} = +120$  მგ.

-

«

»

მნიშვნელობა 60 ერთეულით აღემატება ზედაპირული ჟანგვის დასაშვებ დიაპაზონს. (დასაშვები დიაპაზონია 0-დან +60 მგ-მდე).

პოტენციალთა სხვაობის დადებითი მაჩვენებელი მიუთითებს  $\text{CuSO}_4$ -ით განვითარებულ სტრუქტურულ ჟანგვაზე, რაც განპირობებულია ატმოსფერული ნალექების წლების მანძილზე ინტერიერში ჩაჟონვის გამო.

10. ზონა „ე-დ-21-22“-ში, („22“ღერძთან ფილა №5) რეპერული წერტილებიდან მიღებული შედეგები იხ. ცხრილ №11-ში. ცხრილი №11

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{\text{მგ}}$	+65	+68	+61	+58	+63	+64	+66	+61	+60	+64

$$V_{\text{საშ.}} = +63 \text{ მგ.} \quad (13819 - 68)$$

როგორც ცხრილის პოტენციალთა სხვაობის მონაცემებიდან ჩანს ლითონის მითითებულ ელემენტზე განვითარებულია სტრუქტურული ჟანგვა.  $V_{\text{საშ.}} = +63$  მგ. მნიშვნელობა 3 ერთეულით აღემატება ზედაპირული ჟანგვის დასაშვებ დიაპაზონს. (დასაშვები დიაპაზონია 0-დან +60 მგ-მდე).

პოტენციალთა სხვაობის დადებითი მაჩვენებელი მიუთითებს  $\text{CuSO}_4$ -ით განვითარებულ სტრუქტურულ მინიმალური ხარისხის კოროზიაზე.

11. ზონა „ე-დ-27-28“-ში, („27“ღერძთან ფილა №1) რეპერული წერტილებიდან მიღებული შედეგები იხ. ცხრილ №12-ში. ცხრილი №12

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{\text{მგ}}$	+108	+115	+119	+121	+125	+120	+123	+124	+117	+115

$$V_{\text{საშ.}} = +119 \text{ მგ.} \quad (13819 - 68)$$

როგორც ცხრილის პოტენციალთა სხვაობის მონაცემებიდან ჩანს ლითონის მითითებულ ელემენტზე განვითარებულია სტრუქტურული ჟანგვა.  $V_{\text{საშ.}} = +119$  მგ. მნიშვნელობა 59 ერთეულით აღემატება ზედაპირული ჟანგვის დასაშვებ დიაპაზონს. (დასაშვები დიაპაზონია 0-დან +60 მგ-მდე).

პოტენციალთა სხვაობის დადებითი მაჩვენებელი მიუთითებს  $\text{CuSO}_4$ -ით განვითარებულ სტრუქტურულ ჟანგვაზე, რაც განპირობებულია ატმოსფერული ნალექების წლების მანძილზე ინტერიერში ჩაჟონვის გამო.

12. ზონა „ე-დ-38-39“-ში, („39“ღერძთან ფილა №1) რეპერული წერტილებიდან მიღებული შედეგები იხ. ცხრილ №13-ში. ცხრილი №13

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{\text{მგ}}$	+110	+115	+119	+121	+125	+120	+123	+124	+117	+120

$$V_{\text{საშ.}} = +120 \text{ მგ.} \quad (13819 - 68)$$

როგორც ცხრილის პოტენციალთა სხვაობის მონაცემებიდან ჩანს ლითონის მითითებულ ელემენტზე განვითარებულია სტრუქტურული ჟანგვა.  $V_{\text{საშ.}} = +120$  მგ. მნიშვნელობა 60 ერთეულით აღემატება ზედაპირული ჟანგვის დასაშვებ დიაპაზონს. (დასაშვები დიაპაზონია 0-დან +60 მგ-მდე).

პოტენციალთა სხვაობის დადებითი მაჩვენებელი მიუთითებს  $\text{CuSO}_4$ -ით განვითარებულ სტრუქტურულ ჟანგვაზე, რაც განპირობებულია ატმოსფერული ნალექების წლების მანძილზე ინტერიერში ჩაჟონვის გამო.

13. ზონა „ე-დ-48-49“-ში, („49“ღერძთან ფილა №1) რეპერული წერტილებიდან მიღებული შედეგები იხ. ცხრილ №14-ში. ცხრილი №14

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{\text{მგ}}$	+101	+115	+119	+121	+120	+120	+123	+124	+117	+115

$$V_{\text{საშ.}} = +118 \text{ მგ.} \quad (13819 - 68)$$

როგორც ცხრილის პოტენციალთა სხვაობის მონაცემებიდან ჩანს ლითონის მითითებულ ელემენტზე განვითარებულია სტრუქტურული ჟანგვა.  $V_{\text{საშ.}} = +118$  მგ.

მნიშვნელობა 58 ერთეულით აღემატება ზედაპირული ჟანგვის დასაშვებ დიაპაზონს. (დასაშვები დიაპაზონია 0-დან +60 მკ-მდე).

პოტენციალთა სხვაობის დადებითი მაჩვენებელი მიუთითებს  $\text{CuSO}_4$ -ით განვითარებულ სტრუქტურულ ჟანგვაზე, რაც განპირობებულია ატმოსფერული ნალექების წლების მანძილზე ინტერიერში ჩაჟონვის გამო.

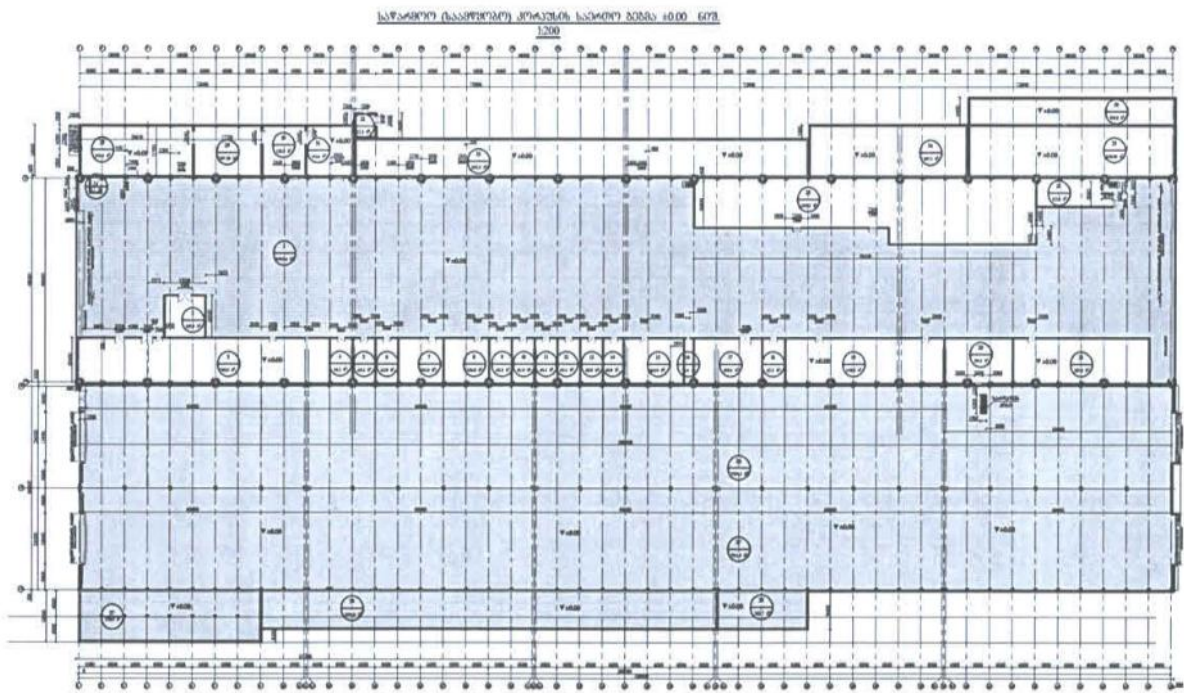
14. ზონა „ე-დ-48-49“-ში, („49“ ღერძთან ფილა №6) რეპერული წერტილებიდან მიღებული შედეგები იხ. ცხრილ №15-ში.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{\text{მკ}}$	+110	+115	+119	+121	+116	+120	+123	+124	+117	+120

$$V_{\text{საშ}} = +119\text{მკ.} \quad (13819 - 68)$$

როგორც ცხრილის პოტენციალთა სხვაობის მონაცემებიდან ჩანს ლითონის მითითებულ ელემენტზე განვითარებულია სტრუქტურული ჟანგვა.  $V_{\text{საშ}} = +119\text{მკ}$ . მნიშვნელობა 59 ერთეულით აღემატება ზედაპირული ჟანგვის დასაშვებ დიაპაზონს. (დასაშვები დიაპაზონია 0-დან +60 მკ-მდე).

პოტენციალთა სხვაობის დადებითი მაჩვენებელი მიუთითებს  $\text{CuSO}_4$ -ით განვითარებულ სტრუქტურულ ჟანგვაზე, რაც განპირობებულია ატმოსფერული ნალექების წლების მანძილზე ინტერიერში ჩაჟონვის გამო.



### 3. დასკვნა

აღნიშნულ სარდაფის სართულის კვლევისათვის წვდომად ელემენტებზე ჩატარებული მონიტორინგის საფუძველზე დადგინდა, რომ მისი გადახურვის ზედაპირზე აღინიშნება გაწვდოვანებული უბნები, შესაბამისად, გადახურვების ელემენტები ხასიათდება დეფორმაციებით.

აგურის წყობისაგან აგებული საფასადე სვეტ-პილონების წყობაში აღინიშნება მრავლობითი მაკრო და მაგისტრალური დიაპაზონის ბზარები. ვიზუალურად ფიქსირდება აგურების მაკავშირებელი დუღაბის გამოფიტვა. მისი მზიდი ჩონჩხედის ტორსის კონსტრუქციებთან შეერთების კვანძის მოწყობა 8 ბალიანი ზონის კონსტრუქციულ მოთხოვნებს არ შეესაბამება. საჭიროა ამ ფაქტორის გათვალისწინება პროექტირების სტადიაში.

-

«

»

დამხმარე კორპუსის შემომზღუდავი და საფასადაე ელემენტები (კედლები, ფანჯრები და ტრანსფორმირებადი კარები) ძლიერ დაზიანებულია და ექვემდებარება აღდგენა-რეაბილიტაციას.

№1 ძირითადი საწარმოო კორპუსის წყალსაიზოლაციო (რბილი სახურავი, ბურული) შრე მნიშვნელოვანი დაზიანებების გამო მოსახსნელია. აღსადგენია სახურავის პერიმეტრზე მოწყობილი კარნიზი, რომელიც ხასიათდება ჩამოშლილი უბნებით და დეფორმაციებით.

2.7.1. მეორე ბლოკის (საწარმოო კორპუსი №2, რომელიც შედგენილია ხუთი ნაკვეთისაგან ზომებით 2x24x60 მ. n=4 ცალი და 2x24x48 მ. n=1 ცალი, საერთო სიგრძე  $\Sigma=4x60+48=288.0$  მ.) ექსპლუატაცია სათანადო პროექტის მიხედვით მისი აღდგენა-გადკლიერების გარეშე დაუშვებელია.

2.7.2. №2 საწარმოო კორპუსის დანართ №4-ში მითითებული დაზიანებული გადახურვის რკინაბეტონის წიბოვანი ფილები (3x6 და 1.5x6) შესაცვლელია (მოსახსნელია), ამასთან ერთად უნდა აღინიშნოს, რომ გადახურვის რკინაბეტონის წიბოვანი ფილების (პირველი დერძიდან 21დერძამდე ზომით 1.5x6 მ.) გამოყენება ჩონჩხედში არსებულ რკბ. წამწეებზე დაუშვებელია, რადგანაც არსებული წამწე გაანგარიშებულია კვანძურ დატვირთვებზე, ანუ მისი ზედა სარტყელი არ წარმოადგენს გარეცენტრულად შეკუმშულ ელემენტებს;

2.7.3. №2 საწარმოო კორპუსის წყალსაიზოლაციო (რბილი სახურავი, ბურული) შრე და რკინაბეტონის წიბოვანი ფილები (3x6) შესაცვლელია;

2.7.4. №2 საწარმოო კორპუსის ჩონჩხედს არ გააჩნია წამწეებს შორის ჰორიზონტალური (წამწეების ზედა და ქვედა სართელის დონეებზე) კვშირების სრული სისტემა. კავშირები არ არსებობს ნაკვეთურის კონტურზე და გრძივად განლაგებულ სვეტებიდან პირველ უჯრედებში, ანუ ნაკვეთურის წამწეები არ არის შეერთებული ჰორიზონტალური „დისკით“, რაც გასათვალისწინებელია პროექტირების სტადიაში;

2.7.5. №2 საწარმოო კორპუსში „ბ“ დერძზე არსებული ანტრესოლის სართული ძლიერ დაზიანებულია, ექვემდებარება დემონტაჟს;

2.7.6. №2 საწარმოო კორპუსში „ბ“ დერძზე არსებული ანტრესოლის სართული ძლიერ დაზიანებულია, ექვემდებარება დემონტაჟს;

2.7.7. №2 საწარმოო კორპუსების ბეტონის იატაკები ძლიერ დაზიანებულია და ექვემდებარება აღდგენა-რეაბილიტაციას;

2.7.8. №2 საწარმოო კორპუსების სახურავიდან ატმოსფერული ნალექების გადაყვანის სისტემა ძლიერ დაზიანებულია და ექვემდებარება აღდგენა-რეაბილიტაციას;

2.7.9. №2 საწარმოო კორპუსების შემომზღუდავი და საფასადაე ელემენტები კედლები, ფანჯრები და ტრანსფორმირებადი (გასაწევი) კარები ძლიერ დაზიანებულია და ექვემდებარება აღდგენა-რეაბილიტაციას;

2.7.10. №2 საწარმოო კორპუსების საძირკვლები არ არის დაცული ატმოსფერული ნალექების ზემოქმედებისაგან და ექვემდებარება აღდგენა-რეაბილიტაციას;

2.7.11. აგურის წყობისაგან აგებული საფასადაე სვეტი-პილონების მზიდი ჩონჩხედის ტორეცის კონსტრუქციებთან შეერთების კვანძის მოწყობა რვა ბალიანი ზონის კონსტრუქციული მოთხოვნებს არ შეესაბამება.

## ლიტერატურა

1. . . . . , 1965. – 228 .
2. . . . . « . . . . » , .: 1978. – 648 .
3. . . . . 2(2). , 2007, . 17-22.
4. . . . . ( . . . . ) « . . . . » , 1965. – 310 .
5. . . . . « . . . . » , 1981. – 550 .

ღუნვაზე მომუშავე შედგენილი კვეთის კონსტრუქციების  
ხანგრძლივ დეფორმაციებზე გაანგარიშება

მ. ჭანტურია, გ. ნოზაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 77, 0175 თბილისი,  
საქართველო)

**რეზიუმე:** ნაშრომში განვიხილულია ძაბვათა უშუალო გამოთვლის მეთოდი ცოცვადობის დეფორმაციების განვითარების გათვალისწინებით. მსოფლიოში მიმდინარე ეკონომიკურ პროცესებზე დაკვირვებამ გვიჩვენა, რომ სამშენებლო ბიზნესი ყველაზე სწრაფად განიცდის წინსვლას. განსაკუთრებით განვითარდა მაღლივი შენობების მშენებლობა, რომლებშიც მსუბუქი კონსტრუქციები დომინირებენ. ასეთი ტიპის ნაგებობებში ხშირად იყენებენ შედგენილი კვეთის კონსტრუქციებს, რომლებშიც ერთობლივად მუშაობენ რკინაბეტონი და ფოლადი, განსხვავებული მახასიათებლების რკინაბეტონი და ა. შ. შედგენილი კვეთის კონსტრუქციებში ბეტონის ცოცვადობის ზღვრული მახასიათებლის შესაძლო გადახრებს -30%-დან - 45%-მდე, შეესაბამება  $k_x$  კოეფიციენტის შესაძლო გადახრები - 45 %-დან - + 45 %-მდე, ხოლო  $k_x$ -ის ამ შესაძლო გადახრებს შეესაბამება ძაბვათა შესაძლო გადახრები - 18-დან +18%-მდე.

**საკვანძო სიტყვები:** მღუნავი მომენტი, განივი ძალა, ცოცვადობის მახასიათებელი, სტანდარტი, პისტოგრამა, გაუსის მრული.

### 1. შესავალი

მსოფლიოში მიმდინარე ეკონომიკურ პროცესებზე დაკვირვებამ გვიჩვენა, რომ სამშენებლო ბიზნესი ყველაზე სწრაფად განიცდის წინსვლას. განსაკუთრებით განვითარდა მაღლივი შენობების მშენებლობა, რომლებშიც მსუბუქი კონსტრუქციები დომინირებენ. ასეთი ტიპის ნაგებობებში ხშირად იყენებენ შედგენილი კვეთის კონსტრუქციებს, რომლებშიც ერთობლივად მუშაობენ რკინაბეტონი და ფოლადი, განსხვავებული მახასიათებლების რკინაბეტონი და ა.შ [1,2].

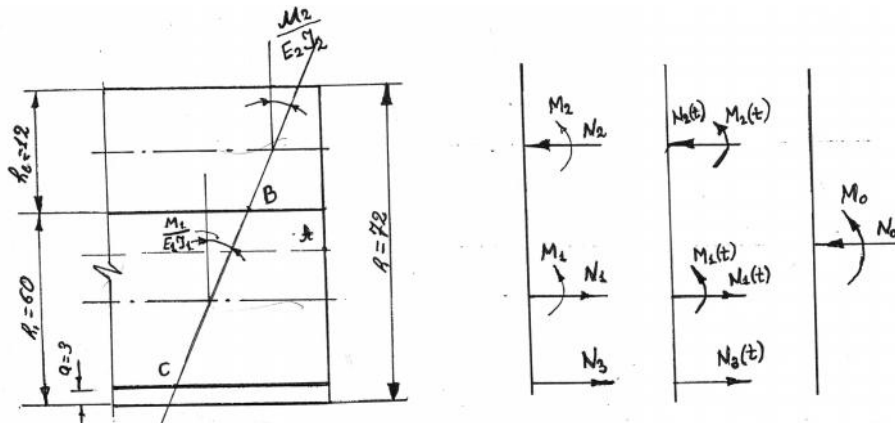
### 2. ძირითადი ნაწილი

ბზარების გაჩენის გარეშე დრეკად სტადიაში მომუშავე ბეტონის კვეთებში ნორმალური ძაბვები განისაზღვრება შიდა ძაღვებზე დამოკიდებულებით:

$$\sigma = N/A \pm M_y/I$$

კვეთების გეომეტრიულ მახასიათებლებს იღებენ იმაზე დამოკიდებულებით, თუ როგორი კვეთი განიცდის  $N$  – ნორმალური ძალის და  $M_y$  - მღუნავი მომენტის ზემოქმედებას. თუ ნორმალური ძალა და მღუნავი მომენტი მოდებულია უარმატურო ბეტონის კვეთზე, მაშინ  $A = A_b$  და  $I = I_b$ , სადაც  $A_b$  და  $I_b$  - ბეტონის განივკვეთის ფართობი და ინერციის მომენტია. თუ ამ კვეთში გვაქვს სხვადასხვა დრეკადობის მახასიათებლის მქონე ბეტონის კვეთები, გაერთიანებულნი ერთობლივი მუშაობისათვის, მაშინ  $A = A_{\Sigma}$  და  $I = I_{\Sigma}$ , სადაც  $A_{\Sigma}$  და  $I_{\Sigma}$  - დაყვანილი (რედუცირებული) კვეთის ფართობი და ინერციის მომენტია. შედგენილ კვეთებში ძაბვათა განსაზღვრისას, ცოცვადობის გათვალისწინებით, უნდა გავიანგარიშოთ ეს სიდიდე კვეთის ყველა მდგენელი ერთგვაროვანი ელემენტისათვის დროის ნებისმიერ მომენტში.

ამ ნაშრომში ჩვენ განვიხილავთ ძაბვათა უშუალო გამოთვლის მეთოდს ცოცვადობის დეფორმაციების განვითარების გათვალისწინებით. მოცემული გვაქვს რკინაბეტონის კოჭი, რომელიც ერთობლივად მუშაობს რკინაბეტონის ფილასთან.



ნახ. 1. შედგენილი კვეთი

ამ შემთხვევისთვის ცოცვადობის მახასიათებელი: კოჭისთვის- $\varphi_1 = 2$ , ფილისთვის- $\varphi_2 = 1$ ; ინერციის მომენტები:  $I_1 = 216000$  სმ<sup>4</sup> და  $I_2 = 8640$  სმ<sup>4</sup>;  $A_1 - A_2 - 720$  სმ<sup>2</sup>. კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ცოცვადობის დეფორმაციების განვითარებას დაძველების თეორიაში, გამოითვლება ფორმულით:

$$k_x = \varphi_m / (1 - e^{-\varphi_m}), k_1 = 2.313 \text{ და } k_2 = 1.582$$

წონასწორობის პირობები:

$$1. \sum X = 0 \quad N_1(t) + N_3(t) = N_2(t) \quad (1)$$

$$2. \sum M_A = 0 \quad M_1(t) + M_2(t) + N_2(t)(h_2/2|h_1 - h_{red}) + N_1(t)(h_{red} - N_3(t)(h_{red} - a) = 0$$

3. პირობა, რომ კოჭისა და ფილის მობრუნების კუთხეები ტოლია:  
 $(M_1(t)/EI_1)k_1 = (M_2(t)/EI_2)k_2$

4. B წერტილის პირობა:

$$(N_2(t)EA_2)k_2 - (M_2(t)EI_2)h_2/2)k_2 = ((M_1(t)/EI_1)h_1/2)k_1 - (N_1(t)/EA_1)k_1$$

5. C წერტილის პირობა:  $N_3(t)E_sA_s = (N_1(t)/EA_1)k_1 + ((M_1(t)/EI_1)(h_1/2 - a)k_1$

საბოლოო გამოთვლები გვაძლევს:  $M_1(t) = -374517.76$  კგ.სმ.  $(M_2(t) = -21722.03$  კგ.სმ;

$$N_1(t) = 1991.9 \text{ კგ } N_2(t) = -36569.8 \text{ კგ } N_3(t) = -16652.9 \text{ კგ.}$$

ძაბვები:  $\sigma_{max} = (M_0/I_{red})h_{red}\sigma_{min} = (M_0/I_{red})(72 - h_{red}) \sigma_{max} = 7.42$  მპა  $\sigma_{min} = -6.5$  მპა

ზემოთ მოცემულ ფორმულებში მონაწილეობს  $k_x$  კოეფიციენტი, რომელიც წარმოადგენს ცოცვადობის დეფორმაციის მახასიათებელის- $\varphi_m$ -ის ფუნქციას [2,4].  $\varphi_m$  თვითონ წარმოადგენს შემთხვევით სიდიდეს, რომელსაც გააჩნია შესაძლო შემთხვევითი გადახრები, რომლებიც გაუსის განაწილების კანონს ემორჩილებიან. აქედან გამომდინარე, ყველა აქ მოყვანილი სიდიდე წარმოადგენს შემთხვევით სიდიდეს, როგორც  $\varphi_m$ -ზე დამოკიდებულნი. მოცემულ ნაშრომში მივიყვანთ მხოლოდ  $k_x$  კოეფიციენტის შესაძლო გადახრებს და დავადგენთ მისი თეორიული განაწილების კანონს. ამ სტატისტიკური მონაცემების საფუძველზე იგება ალბათური (თეორიული) განაწილების კანონი  $k_x$ -ის შესაძლო გადახრებისათვის, რომელსაც მოცემული შემთხვევისათვის აქვს ნორმალური განაწილების სახე:

$$f_{kx} = \frac{0.23}{0.55\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(k_x - 2.36)^2}{2 \cdot 0.55^2}\right)$$

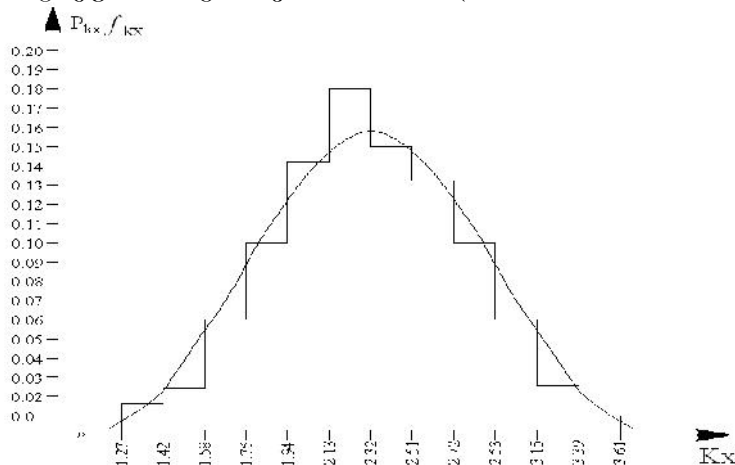
სადაც 0.23 ნორმალური განაწილების მრუდის (ნახ.14.ბ) სტატისტიკური რიგის პისტოგრამასთან (ნახ.14.ა) მიახლოების კოეფიციენტი.  $f_{kx}$ -ის მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილში.



ცხრილი.  $k_x$ -ის შესაძლო გადახრათა ნორმალური განაწილების სიმკვრივეები.

$k_x$	1.27	1.42	1.58	1.76	1.94	2.13	2.32	2.51	2.72	2.93	3.15	3.39	3.61
$f_{kx}$	0.02	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.17	0.16	0.13	0.09	0.06	0.02	0.01

სტატისტიკური განაწილების რიგისთვის ნორმალური კანონის შესაბამისობა შემოწმდა კოლმოგოროვის შესაბამისობის კრიტერიუმით.  $D=0.03$  განსხვავებულობის ზომას თეორიულ და სტატისტიკურ სისწორებს შორის, როცა  $\lambda = 0.9$ , ცხრილი 7.6.1/3/-დან შეესაბამება ჰიპოთეზის სამართლიანობის ალბათობა  $P(0.9) - 0.4 > 0.1$ , რადგან ეს ალბათობა საკმაოდ დიდია, ნორმალური განაწილების კანონის მისადაგება მოცემული სტატისტიკური რიგისთვის სამართლიანია.



ნახ 2.  $k_x$ -ის ჰისტოგრამა და თეორიული განაწილების მრუდი

ცხადია,  $k_x$ -ის შესაძლო გადახრები გამოიწვევს კვეთში აღძრულ ძაბვათა სიდიდეების ცვლილებას, რისი გამოკვლევაც მეტად მნიშვნელოვანია საბოლოოდ კონსტრუქციის საიმედო მუშაობისათვის.

### 3. დასკვნა

შედგენილი კვეთის კონსტრუქციებში ბეტონის ცოცვადობის ზღვრული მახასიათებლის შესაძლო გადახრებს -30%-დან -45%-მდე, შეესაბამება  $k_x$  კოეფიციენტის შესაძლო გადახრები - 45%-დან - +45%-მდე, ხოლო  $k_x$ -ის ამ შესაძლო გადახრებს შეესაბამება ძაბვათა შესაძლო გადახრები - 18%-დან +18%-მდე.

### ლიტერატურა

- 1.მ. ჭანტურია. კომპლექსურ კონსტრუქციებში ცოცვადობის დეფორმაციების განვითარების პროგნოზირება. სამეცნიერო ტექნიკური კონფერენ. “მშენებლობა და XXI საუკუნე” მოხსენებები თბილისი 2005 წ. გვ. 291-295;
- 2.მ. ჭანტურია, ლ. ბალანჩივაძე. ძაბვათა ცვლილების ალბათური ბუნების გამოკვლევა რკინაბეტონის სტატიკურად ურკვევ კონსტრუქციებში ბეტონის ცოცვადობის დეფორმაციის მახასიათებლო მრუდების ალბათური ბუნების გათვალისწინებით. სამეცნიერო ტექნიკური კონფერენ. “მშენებლობა და XXI საუკუნე” მოხსენებები თბილისი 2005წ. გვ. 295-300.
3. . . . . - . . . . ., 1964, 576 .
- 4.ა. სოხაძე, მ. ჭანტურია, ი. ქვაჭრელიშვილი. ბეტონის მათემატიკური მოდულის მათემატიკური მოდელი. საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის ჟურნალი “კერამიკა”, 2010, 1(22) გვ. 25-28.

ადმოსავლეთ საქართველოს მთიანი რეგიონების შერჩევითი  
სოციალურ-ეკონომიური კვლევა

ნ. ლაღიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, კოსტავას ქ. №77, 0175, თბილისი, საქართველო).

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია ადმოსავლეთ საქართველოს მთიანი რეგიონებში მიზანდასახული ექსპედიციების ორგანიზება, რაც 2015 წლის ივნისი-აგვისტოს თვეებში განხორციელდა. ექსპედიციების ძირითად მიზანს წარმოადგენდა ადმოსავლეთ საქართველოს მთიანი რეგიონების დასახლებათა ფუნქციურ-გეგმარებითი კავშირების, მოსახლეობის ყოფითი პირობებისა და მათი დასაქმების, გზების მშენებლობის, ისტორიული ძეგლების, კულტურული მემკვიდრეობის კერებისა და რეგიონში არსებული უნიკალური ლანდშაფტების, ეკოსისტემების, ბიომრავალფეროვნების გაცნობა და შეფასება.

**საკვანძო სიტყვები:** მთიანი რეგიონები, კვლევა, მოსახლეობის გამოკითხვა.

1. შესავალი

ადმოსავლეთ საქართველოს მთის სოფლების ურბანულ-სოციალური და არქიტექტურულ-გეგმარებითი განვითარების პრინციპების კონცეფტუალური ხედვის ჩამოყალიბება არასრულფასოვანი იქნებოდა მასში ჩართული რეგიონების (მცხეთა-მთიანეთის და კახეთის მთიანი რაიონების) ნატურაში ვიზუალური აღქმის გარეშე. აქედან გამომდინარე, მიზანშეწონილად მივიჩნიეთ ადმოსავლეთ საქართველოს მთიანი რეგიონებში მიზანდასახული ექსპედიციების ორგანიზება, რაც 2015 წლის ივნისი-აგვისტოს თვეებში განხორციელდა.

2. ძირითადი ნაწილი

ექსპედიციების ძირითად მიზანს წარმოადგენდა ადმოსავლეთ საქართველოს მთიანი რეგიონების დასახლებათა ფუნქციურ-გეგმარებითი კავშირების, მოსახლეობის ყოფითი პირობებისა და მათი დასაქმების, გზების მიმდინარე მშენებლობის, ისტორიული ძეგლების, კულტურული მემკვიდრეობის კერებისა და რეგიონში არსებული უნიკალური ლანდშაფტების, ეკოსისტემების, ბიომრავალფეროვნების გაცნობა და შეფასება, რაც შეუძლებელია მხოლოდ კამრული მუშაობით.

თბილისიდან მცხეთა-მთიანეთის თუ კახეთის რეგიონისაკენ მიმავალი საავტომობილო გზის გასწვრივ მდებარე მუნიციპალური ცენტრები - დუშეთი, თიანეთი, ყაზბეგი, თელავი და მათ დაქვემდებარებაში მყოფი მიმდებარე დასახლებები, მუნიციპალური ცენტრები ურბანული თვალსაზრისით დამაკმაყოფილებლად ვითარდება. მცირე საგზაო მონაკვეთებზე მიმდინარეობს ინფრასტრუქტურისა და საინჟინრო კომუნიკაციების რეაბილიტაცია. დასახლებებში მეტნაკლებად გამოკვეთილია ფუნქციური ზონები, საზოგადოებრივი ცენტრები შესაბამისი ადმინისტრაციული შენობებითა და ინფრასტრუქტურით. სრულიად განსხვავებული, შეიძლება ითქვას კონტრასტული მდგომარეობა რეგიონის სიღრმეში, მაღალმთიანი რაიონებში მდებარე დასახლებებში. უკიდურესად ცუდ მდგომარეობაში მყოფი საგზაო ინფრასტრუქტურის გამო ისინი იზოლირებული არიან რაიონული ცენტრებისაგან. გზის სტრუქტურები დაზიანებული

და სატრანსპორტო მოძრაობისთვის სრულიად შეუფერებელია. მოძრაობის ინტენსიურობა შეიძლება ითქვას ნულის ტოლია. არ არსებობს დასახლებათა აღმნიშვნელი და მიმართულებების მაჩვენებელი საგზაო ნიშნები, საკომუნიკაციო საშუალებები, რაც ართულებს რეგიონში ორიენტაციას.

არსებულ დასახლებები სრულიად მოშლილია, ნახევრად დანგრეულია სათემო და ყოფილი კომერციული შენობები. მიტოვებული სახლების შემაშფოთებელი რაოდენობა შეინიშნება, რაც მიგრაციის მაღალ დონეზე მიანიშნებს. მკვეთრად გამოხატული მეურნეობის არქაული ფორმები შეინიშნება. საინჟინრო ინფრასტრუქტურაც სრულიად მოშლილია. რეგიონში დარჩენილ მცირერიცხოვან მოსახლეობას უკიდურესად ცუდ პირობებში უხდება არსებობა.

ამავე დროს, ერთი შეხედვით დაწყებულია თიანეთი-ზარიძეები-ჟინვალის 13-კილომეტრიანი საავტომობილო გზაზე რეაბილიტაციის სამუშაოები. რეგიონული განვითარების და ინფრასტრუქტურის სამინისტროს ინფორმაციით, რეაბილიტაციის დასრულების შემდეგ 14 სოფლის მოსახლეობას გადაადგილების პრობლემა მოეხსნება. პროექტით გათვალისწინებული სარეაბილიტაციო სამუშაოები, როგორც გვაცნობს ხორციელდება არსებული „ტრასისა“, და მისი სივანის მაქსიმალური შენარჩუნებით. თუმცა, ადგილობრივი მოსახლეული გზები ან ტრასის ცვლილებები გადის, უმეტესწილად, მხოლოდ, დაბლობ ღია და, ძირითადად, კულტივირებულ ლანდშაფტებზე. როგორც ცნობილია, აღმოსავლეთ საქართველოს მთიანი რეგიონების ექსტრემალური კლიმატური პირობები, ზამთარში მოვლა-მომსახურების არარსებობა, ასევე, დარჩენილი, არარეაბილიტირებული გზის ცუდი მდგომარეობა განაპირობებდა და განაპირობებს ზოგიერთი მონაკვეთების დაკეტვას ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში, არსებული მდებარეობის გამო, პროექტით გათვალისწინებული გზის ზოგიერთი მონაკვეთი ზამთრის პერიოდში მაინც მუდმივად ზვავსაშიში იქნება. ამგვარ ზვავსაშიშ ადგილებში წინათ ირგებოდა ნაძვების ფართო ზოლები, რომლებიც ქარსაცავის ფუნქციას ასრულებდა. დღეისათვის ამ ნარგავების ნაწილი მნიშვნელოვნად შეთხელდა, უკანონო ჩეხვის გამო და ამდენად, ვეღარ ასრულებს თავის ფუნქციას.

შეიძლება ითქვას, რომ ექსპედიციამ კიდევ უფრო ნათლად დაგვანახა დღეს მიმდინარე საერთაშორისო მნიშვნელობის მსხვილი ინფრასტრუქტურული და სამეურნეო პროექტების ფონზე წინმსწრები რეგიონული სტრატეგიისა და სივრცითი დაგეგმვის

დოკუმენტაციის არსებობის აუცილებლობა. მითუმეტეს, რომ აღმოსავლეთ საქართველოს მაღალმთიანი რეგიონები ფლობენ ისეთ უნიკალურ ბუნებრივ გარემოსა და რესურსებს, რომლის მნიშვნელოვანი ნაწილი ჯერ კიდევ არ არის, ან ნაკლებადაა სახეშეცვლილი. უკვე, დღეს შეინიშნება ბუნებრივი რესურსების არარაციონალური ათვისებისა ფორმები, რამაც შესაძლოა მომავალში განაპირობოს ბუნებრივი გარემოს ან რესურსების დეგრადაცია. ამის გამო, აუცილებელია ისეთი მექანიზმების შემუშავება, რაც ბუნებათსარგებლობას დაუკავშირებს მდგრადი განვითარების პრინციპებს.

აღმოსავლეთ საქართველოს მთიანი რეგიონების მოსახლეობის ურბან-სოციოლოგიური კვლევა დღევანდელი კანონმდებლობით განისაზღვრება როგორც „ტერიტორიების ფიზიკური გარემოსა და ინფრასტრუქტურის ფორმირებისათვის კანონმდებლობის, ... ფიზიკური და იურიდიული პირების მოღვაწეობის ერთობლივი

-

«

»

საქმიანობით განსაზღვრული პირობები და პროცესები, (1 საქართველოს კანონი “სივრცითი მოწყობისა და ქალაქმშენებლობის საფუძვლების შესახებ”. მუხლი 2, ა) პუნქტი). კანონი პირდაპირ მიგვანიშნებს ქალაქმშენებლობითი გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში მოსახლეობის მონაწილეობის აუცილებლობაზე. ამდენად, ჩვენს პირობებში, მიმდინარე ეტაპზე განსაკუთრებით აქტუალურია გედსისეული კონცეფცია, რაც გულისხმობს მოსახლეობის როლს შემდეგი საკითხების გადაწყვეტაში: ურბანული გარემოსადმი მოთხოვნილებების, “სოციალური დაკვეთის” ჩამოყალიბება; საპროექტო გადაწყვეტილებების მონაწილე და/ან შემფასებელი.

ურბანულ-სოციოლოგიური კვლევის მიზანი იყო აღმოსავლეთ საქართველოს მთიან რეგიონში მცხოვრებთა ქვეყნის ეკონომიკურ ცხოვრებაში სრულფასოვანი ინტეგრაციის შემაფერხებელი ფაქტორების გამოვლენა.

სოციოლოგიური კვლევა დაეყრდნო თვისებრივი და რაოდენობრივი სოციოლოგიური კვლევის მეთოდებს. კვლევის ფარგლებში შემუშავდა რაოდენობრივი სოციოლოგიური კვლევის სტრუქტურირებული კითხვარი. კითხვარის შედგენისას გამოყენებულ იქნა სხვადასხვა ტიპის კითხვის დასმის ტექნიკა – დახურული და ღია კითხვები. სულ გამოიკითხა 200 მდე რესპონდენტი. მონაცემის ანალიზისათვის გამოყენებული იქნა ისეთი მეთოდები, როგორცაა მონაცემების დაჯგუფება, ტიპოლოგია, ფაქტორული ანალიზი, კორელაციური ანალიზი და ა.შ. კვლევაში გამოყენებულ იქნა, ასევე, ჩაღრმავებული გამოკითხვა პირდაპირი და პირადი ინტერვიუს სახით, რომელიც, საერთო ჯამში, წარმოადგენს რესპონდენტთან თავისუფალი ფორმით საუბარს.

ინტერვიუები დაფუნდებულია ფართო სპექტრის ღია კითხვებზე და რესპონდენტს საშუალებას აძლევს თავისუფლად და დეტალურად გამოხატოს თავისი აზრი და დამოკიდებულება არსებული პრობლემის ირგვლივ.

ჩაღრმავებული გამოკითხვის რესპონდენტებად მოწვეული იყვნენ სხვადასხვა დარგის ექსპერტები, ასევე, სამთავრობო და არასამთავრობო ორგანიზაციებისა თუ სახელმწიფო უწყებების წარმომადგენლები, რომლებსაც პროფესიული შეხება აქვთ აღმოსავლეთ საქართველოს მთიან რეგიონში მიმდინარე პროცესებთან. კვლევა მოიცავს შემდეგ მუნიციპალიტეტებს: ყაზბეგის, თიანეთის, დუშეთის, ახმეტის და რეგიონულ ცენტრს - დუშეთს. პროცენტული თანაფარდობა მუნიციპალიტეტებში (ყაზბეგი, თიანეთი, დუშეთი და ახმეტა) გამოკითხულ რესპონდენტებს შორის შემდეგია: ახმეტა–10%, ყაზბეგის, თიანეთის, დუშეთის, –90%. შერჩევითი ერთობლიობა განისაზღვრა სხვადასხვა დემოგრაფიული, სოციალური და ეკონომიკური ინდიკატორების გათვალისწინებით: სქესი, ასაკი, განათლება, შემოსავალი და ა.შ. სოციოლოგიური კვლევის სამიზნე ჯგუფს წარმოადგენდა 16 წელს ზევით ასაკობრივი ჯგუფის მოსახლეობა. რესპონდენტთა დემოგრაფიული მონაცემები პროცენტულად შემდეგნაირად განაწილდა:

**ცხრილი : ყაზბეგის, თიანეთის, დუშეთის, ახმეტის მუნიციპალიტეტების და რაიონული ცენტრის - დუშეთის მოსახლეობის ურბან-სოციოლოგიურ კვლევაში მონაწილე რესპონდენტთა დემოგრაფიული მონაცემები.**

რესპონდენტთა სქესი	60% ქალი 40% მამაკაცი
--------------------	--------------------------

-

«

»

რესპონდენტთა ასაკი	16-25 წლის _ 19%, 26-35 წლის _ 26% 36-45 წლის _ 25% 46-55 წლის _ 16% 55 და მეტი წლის _ 14%
რესპონდენტთა განათლება	არასრული საშ. 6%, საშუალო ზოგადი 22%, საშ. სპეციალური 51%, უმაღლესი 21%
რესონდენტთა მდგომარეობა	ოჯახური დაოჯახებული 64%, მარტოხელა 36%
შინამეურნეობის შემადგენლობა	სულ. ერთსულიანი _ 2% ორსულიანი _ 9%; • სამსულიანი _ 30% • ოთხსულიანი _ 40% • ხუთსულიანი _ 19%
შინამეურნეობის შემოსავალი (ლარში)	თვიური 100-მდე _ 4% • 100-200 _ 9% • 200-500 _ 50% • 500-1000 _ 19% • 1000 და მეტი _ 6% • უარი პასუხზე _ 12%

რეგიონის გზების რეაბილიტაციის საკითხისადმი აღმოსავლეთ საქართველოს მთიანი რეგიონების მოსახლეობის დამოკიდებულების შესწავლამ აშკარა გახადა თემის ყოველდღიურ ცხოვრებაში გამართული საგზაო ინფრასტრუქტურის არეობის აუცილებლობა.

ჩვენ მიერ გამოკითხული რესპონდენტების 80%-სათვის რაიონული გზების რეკონსტრუქცია ერთ-ერთ ან ყველაზე უმნიშვნელოვანეს საკითხს წარმოადგენს. გზების რეაბილიტაცია როგორც პირველ, ასევე მეორე რიგის მნიშვნელოვან საკითხად მიაჩნია ძირითადად 26-დან 45 წლამდე ასაკის ეკონომიკურად ყველაზე უფრო აქტიურ და მობილურ მოსახლეობას,

ამასთან ერთად, კითხვაზე, დაასახელეთ პირობები, რომლებიც უარყოფით გავლენას ახდენს რეგიონის მოსახლეობის მდგომარეობაზე, პასუხები, ადგილობრივი თემის მხრიდან, შემდეგნაირად განაწილდა:

▪ **უმუშევრობა**

ყაზბეგის, თიანეთის, დუშეთის მუნიციპალიტეტი, -65%,  
ახმეტის მუნიციპალიტეტი-64%);

▪ **დაბალი ხელფასი/პენსია**

ყაზბეგის, თიანეთის, დუშეთის მუნიციპალიტეტი, -46%,  
ახმეტის მუნიციპალიტეტი\_43%);

- რეგიონული გზების ცუდი მდგომარეობა  
ყაზბეგის, თიანეთის, დუშეთის მუნიციპალიტეტი, -19%,  
ახმეტის მუნიციპალიტეტი-7%;
- სუსტი სოციალური დაცვა  
ყაზბეგის, თიანეთის, დუშეთის მუნიციპალიტეტი, -18%,  
ახმეტის მუნიციპალიტეტი-17%;
- წარმოებული პროდუქციის გასაღების სირთულე  
ყაზბეგის, თიანეთის, დუშეთის მუნიციპალიტეტი, -19%,  
ახმეტის მუნიციპალიტეტი -5%);
- მეწარმეობის განვითარების არახელსაყრელი პირობები  
ყაზბეგის, თიანეთის, დუშეთის მუნიციპალიტეტი, -16%,  
ახმეტის მუნიციპალიტეტი-8%);
- დიდ ქალაქებიდან დაცილება  
ყაზბეგის, თიანეთის, დუშეთის მუნიციპალიტეტი, -11%,  
ახმეტის მუნიციპალიტეტი-15%);

როგორც გამოკვლევამ დაადასტურა, აღმოსავლეთ საქართველოს მთიანი რეგიონების მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკური გარემოს გაუმჯობესება, რესპონდენტთა აზრით, უშუალოდ არ უკავშირდება მხოლოდ რეგიონის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარებას. მოსახლეობისათვის უფრო მწვავეა სხვა სოციალური პრობლემები, კერძოდ დაბალი ხელფასების/პენსიებისა და უმუშევრობის საკითხები.

ამრიგად, კვლევამ აჩვენა, რომ აღმოსავლეთ საქართველოს მთიანი რეგიონების სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის რეკონსტრუქციის მასშტაბებისა და შედეგების

შეფასება რესპონდენტებისათვის საკმაოდ რთულია, რადგან მიუხედავად სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის გაუმჯობესებისადმი დადებითი განწყობისა, მოსახლეობაში ცალსახად დადებითი მოლოდინები რეგიონის განვითარების პერსპექტივებთან მიმართებაში არ არის ჩამოყალიბებული. რესპონდენტების მიერ აქცენტი კეთდება ძირითადად გზის აღდგენით დაზოგილ დროზე, ვიდრე იმაზე, თუ როგორ იმოქმედებს სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის რეაბილიტაცია რეგიონის სხვადასხვა სფეროს განვითარებაზე.

მეურნეობრიობის ახალი ფორმების გაუცნობიერებლობას. მოსახლეობა ჯერ-ჯერობით ვერ რისკავს ფერმერული საქმიანობის წამოწყებას, ან კოოპერატივების შექმნას ან სხვა ორგანიზაციული ფორმების ჩამოყალიბებას. მოსახლეობა ელოდება მიწის რეფორმის უფრო გარკვეულ და საიმედო საკანონმდებლო აქტების მიღებას. ამასთან მათ არ გააჩნიათ ეკონომიკური ცოდნა იმ დონეზე, რომ დამოუკიდებლად ეწეოდნენ საწარმოო საქმიანობას. ისინი ნაკლებად იცნობენ მარკეტინგსა და ადგილობრივი ბაზრის კონიუნქტურას. ისინი ძირითადად თავს არიდებენ რისკს, რომელშიც ყოველნაირად უნდა დაეხმაროს ხელისუფლება.

საზღვარგარეთის ქვეყნებში გამოიყენება ტერმინი “ადამიანური რესურსები”, რომელიც ემთხვევა “შრომითი რესურსების” არსს. შეიძლება ითქვას, რომ შრომითი რესურსების რაოდენობა დამოკიდებულია მოსახლეობის რიცხოვნობაზე, ასევე ოფიციალურად დადგენილ შრომისუნარიანობის ასაკზე.

შრომით რესურსებზე საუბრისას მნიშვნელოვანია შრომითი რესურსების ასაკობრივი სტრუქტურის დახასიათება. მათი ასაკობრივი სტრუქტურა შედგება ოთხი ძირითადი ჯგუფისაგან. კერძოდ; 1. ახალგაზრდები 16-29 წლის; 2. საშუალო ასაკის (30-49 წლის) მოსახლეობა; 3. წინა საპენსიო ასაკის 50-60 (ქალები), 50-65 წლის (კაცები); 4. საპენსიო ასაკის (60 და მეტი წლის) ქალები, კაცები (65 და მეტი წლის). მოსახლეობა (სამუშაო ძალა) ქვეყანაში 2015 წლისთვის საგრძნობლად შემცირდა,

ახალგაზრდები ამჯობინებენ დიდ ქალაქებში (ძირითადად დედაქალაქში) სასწავლებლად ან სამუშაოდ გადასვლას. ამ მხრივ განსაკუთრებით სავალალო მდგომარეობაა რეგიონის მაღალმთიან სოფლებში. მაგალითად, კვლევის საფუძველზე დავადგინეთ, რომ მაღალმთიან სოფლებში ძირითადად მოხუცებულები არიან დარჩენილნი და ზამთრობით ისინიც შვილებთან ბარში ჩამოდიან, რის გამოც სოფელი მთლიანად იცლება. თუ სასწრაფო ზომები არ იქნება მიღებული ხელისუფლების მხრიდან ორ ათეულ წელიწადში მაღალმთიანი სოფლები შესაძლოა მოსახლეობის გარეშე დარჩეს.

კვლევის შედეგად გამოვლინდა აღმოსავლეთ საქართველოს მთიანი რეგიონების ეკონომიკასა და ინფრასტრუქტურასთან დაკავშირებული პრობლემები:

- რეგიონული და მუნიციპალური საგზაო ინფრასტრუქტურის არაადეკვატური მდგომარეობა (კვლევის ჩატარების მომენტისათვის);

- საზოგადოებრივი ტრანსპორტის არაადამაკმაყოფილებელი მომსახურება;

- უმუშევრობის მაღალი მაჩვენებელი;

- მოსახლეობის შემოსავლების დაბალი დონე;

- რეგიონიდან საზღვარგარეთ ადამიანების მიგრაცია (სეზონური მიგრაცია, სასწავლებლად, სამუშაოდ და ა.შ).

კვლევის შედეგების მიხედვით არსებულ მდგომარეობა ნაწილობრივ გაუმჯობესდება თუ რეალურად განხორციელდება რეგიონთაშორისი ფუნქციურ-გეგმარებითი კავშირების გამაძლიერებელი შესაბამისი საგზაო ინფრასტრუქტურის მშენებლობა-რეაბილიტაცია, იარსებებს საქართველოში ცხოვრებისა და საქმიანობის ხელშემწყობი პირობები. ამ მდგომარეობის გათვალისწინებით, ინიციატივები, რომლებიც მიზნად დაისახავს საქართველოს მთიანეთის ინფრასტრუქტურის რეაბილიტაციას და რეგიონულ სატრანსპორტო ქსელებთან შემდგომ ინტეგრაციას, მნიშვნელოვანი წინგადადგმული ნაბიჯი იქნება ქვეყნის ეროვნული ინტეგრაციისაკენ მიმართული ძალისხმევის გაძლიერებისთვის.

### 3. დასკვნა

ამრიგად, საქართველოს განსახლების სისტემის ფუნქციონირებაში მონაწილეობს არა მარტო ამ სისტემის ტექსონომიური ერთეულები, არამედ საზოგადოებრივი ცხოვრების ყველა სფერო და სეგმენტი. ამდენად, ჩატარებული კვლევა წარმოადგენს აღმოსავლეთ საქართველოს მთიანი რეგიონების ფორმირების მრავალმხრივი დისკუსიის ინიცირების მცდელობას, რომელიც, საბოლოოდ, საქართველოს განსახლების მდგრადი სისტემის ჩამოყალიბების საფუძველი გახდება.

**ბუნებრივი კალთების მდგრადობის უზრუნველყოფა  
ბრუნტულანკერებიანი რკინაბეტონის საყრდენი კედლებით.**

**შ. ბაქანიძე, ბ. სურბულაძე, პ. იაშვილი.**

**(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 77, 0175,  
თბილისი, საქართველო)**

***რეზიუმე:** განხილულია ბუნებრივი კალთების მდგრადობის უზრუნველყოფი გრუნტულანკერებიანი რკინაბეტონის საყრდენ კედლებში გრუნტული ანკერების განთავსების ორი ვარიანტი: ერთ იარუსად საყრდენი კედლის ზემო ნაწილში და 2 იარუსად, ანკერების განთავსებით როგორც კედლის ზემო ნაწილში, ასევე საძირკველში მათი ჩამაგრების ადგილზე. ტექნიკურ-ეკონომიკური გაანგარიშების საფუძველზე გამოვლენილია ხელსაყრელი კონსტრუქციული გადაწყვეტა.*

***საკვანძო სიტყვები:** ბუნებრივი კალთები, მდგრადობა, საყრდენი კედელი, გრუნტული ანკერი, კონსტრუქციული გადაწყვეტა.*

## 1. შესავალი

ცნობილია, რომ ბუნებრივი კალთების მდგრადობის უზრუნველსაყოფად ხშირად გამოიყენება გრუნტულანკერებიანი მონოლითური რკინაბეტონის საყრდენი კედლები. ისინი, კედლის შედარებით დაბალი სიმაღლისას (5-6 მეტრი), როგორც წესი, სრულდება ერთ იარუსად განთავსებული (კედლის ზემო ნაწილში) გრუნტული ანკერებით, რომლებიც თავის თავზე იღებენ კედელზე გრუნტის დაწნევისაგან აღძრულ გადამბრუნებელ მომენტს, მაგრამ ვერ ეწინააღმდეგებიან კედლის მოცურების (ძვრის) ძალას, რის გამოც კედლის საყრდენ ფილასა და ფუძე-გრუნტს შორის ხახუნის ძალის გაზრდის მიზნით საჭიროა საყრდენი ფილის სიგანის გაზრდა, რაც ამადლებს მასლების ხარჯს.

წინამდებარე ნაშრომში განხილულია გრუნტული ანკერების მოწყობა კედლის ქვედა დონეზე, საძირკველში მისი ჩამაგრების ადგილზე. ასეთ შემთხვევაში აღარ იქნება საჭირო საძირკველის ფილის მოწყობა, არამედ მოეწყობა ლენტური საძირკველი, რომელიც დაპროექტდება მხოლოდ საყრდენი კედლის (ვერტიკალური ფილის) მასისაგან გამოწვეულ ძალაზე.

ნაშრომში შესრულებულია საყრდენი კედლის კონსტრუქციული გადაწყვეტის ზემოთ აღნიშნული ორი ვარიანტის შედარებითი ანალიზი ტექნიკურ-ეკონომიკური თვალსაზრისით, რიცხვითი მაგალითის საფუძველზე.

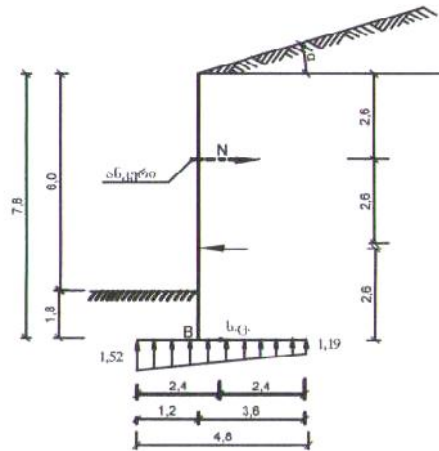
## 1. ძირითადი ნაწილი

გაანგარიშებისათვის მივიღოთ შემდეგი საწყისი მონაცემები:

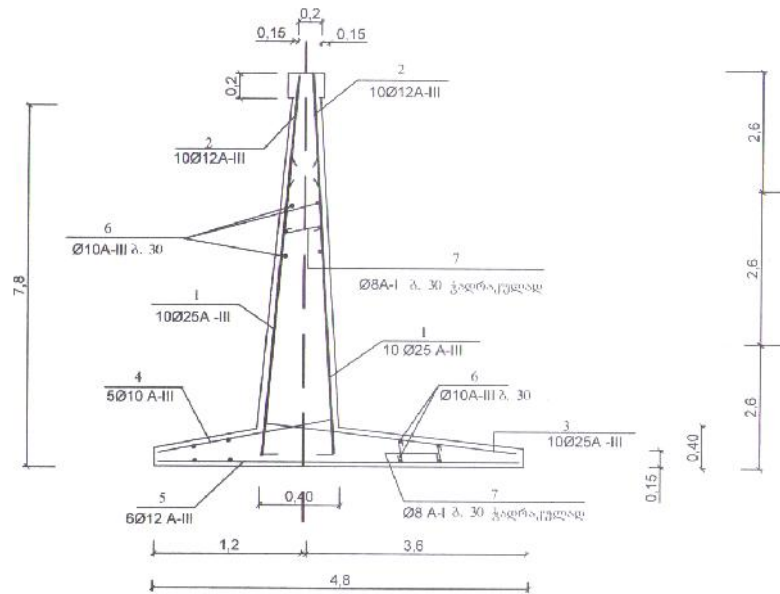
გრუნტის სახეობა-წყალნაჯერი თიხნარი, საყრდენი კედლის სიმაღლე-6 მ; ჩანაყარი გრუნტის დახრის კუთხე-150°; საყრდენ კედელზე გრუნტის დაწნევა  $E=28$  ტ; ბეტონის კლასი B20 (ნაშრომში მისი გაანგარიშება არ მოგვაქვას, რადგან იგი ცნობილია). გაანგარიშება შესრულებულია საყრდენი კედლის 1 გრძივი მეტრისათვის.

I ტრადიციული, ერთ იარუსად განთავსებული გრუნტულანკერებიანი საყრდენი კედლის გაანგარიშება (კედლის კონსტრუქციული სქემა იხ.ნახ 1)





ნახ. 1. საყრდენი კედლის კონსტრუქციული სქემა  
 გრუნტული ანკერი დახრილია ჰორიზონტის მიმართ  $15^{\circ}$ -იანი კუთხით. კედლის სტატიკური გაანგარიშების შედეგად ანკერის მჭიმში აღძრული ძაღვის ჰორიზონტალური პროექცია ტოლია  $N=9,7$  ტ, ხოლო მჭიმში აღძრული ძაღვა  $N_1=10,0$  ტ. საყრდენი კედლის კონსტრუქციული გაანგარიშების შედეგად მიღებულია მისი დაარმატურება ნახ.2-ის მიხედვით.



ნახ. 2. საყრდენი კედლის დაარმატურება.

**გრუნტული ანკერის გაანგარიშება**

ანკერები განთავსებულია 1 იარუსად, კედლის ზემო ნაწილში, ბიჯით 1 მ. ანკერის მჭიმის დიამეტრი  $\varnothing 25$  A –III; გრუნტის შიგა ხაზუნის კუთხის ( $=23^{\circ}$ ) და ჰორიზონტის მიმართ ანკერის მჭიმის დახრის კუთხის ( $=15^{\circ}$ ) გათვალისწინებით მისი სიგრძეა 8,4 მ, ხოლო მასა 32,3კგ გრუნტში ანკერის ჩამაგრების (ჩაკეთების) გაანგარიშება

1.საწყისი მონაცემები გასაანგარიშებლად:

გაანგარიშება წარმოებს შემდეგი პირობის დაცვით:  $F_b \geq 2 \cdot N_i$  (1)

სადაც:

$F_i$  – არის გრუნტში ანკერის ჩამაგრების (ჩაკეთების) ზონის მზიდუნარიანობა, ტ;

$N_i$  – ანკერის მჭიმში აღძრული გამჭიმავი ძალვა, ტ;

$$F_j = Km_p f d l_b P_b t g \zeta \quad (2)$$

სადაც:

$K$  – გრუნტის ერთგვაროვნობის კოეფიციენტი ( $K = 0,6$ )

$m_p$  – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს გარემო გრუნტის

დაძაბულ მდგომარეობას ინეცირებისას წნევაზე დამოკიდებულების მიხედვით (ქვიშებისათვის - 0,5; სხვადასხვა კონსისტენციის თიხებისათვის 0,4-0,2);

$d$  – ჭაბურღილის დიამეტრი, მ;

$l_b$  – ანკერის გრუნტში ჩამაგრების სიგრძე, მ;

$p_b$  – ჩამაგრების ზონაში ინეცირებისას ნამატი წნევის სიდიდე, ტ/მ<sup>2</sup>;

$\zeta$  – გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხე

(წყალნაჯერი თიხნარისათვის  $\zeta = 23^\circ$  და  $t g \zeta = 0,42447$ ).

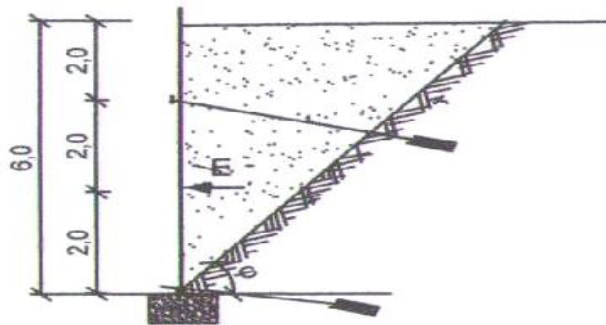
2. გრუნტში ანკერის ჩამაგრების ზონის გაანგარიშება

$$F_j = 0,6 * 0,4 * 3,14 * 0,55 * 2,0 * 60 * 0,42447 = 21,1 \text{ ტ} > 2N_i = 2 \cdot 10 = 20,0 \text{ ტ}$$

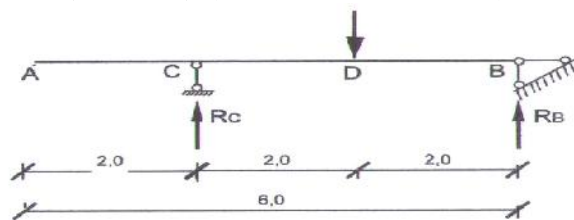
საყრდენი კედლის არმატურის სპეციფიკაცია მოცემულია ცხრილში 1

II შემოთავაზებული, 2-იარუსად განთავსებული გრუნტლანკერებისა და საყრდენი კედლის გაანგარიშება

საყრდენი კედლის კონსტრუქციული სქემა მეცემულია ნახაზზე 3. ხოლო საანგარიშო სქემა ნახ 4.

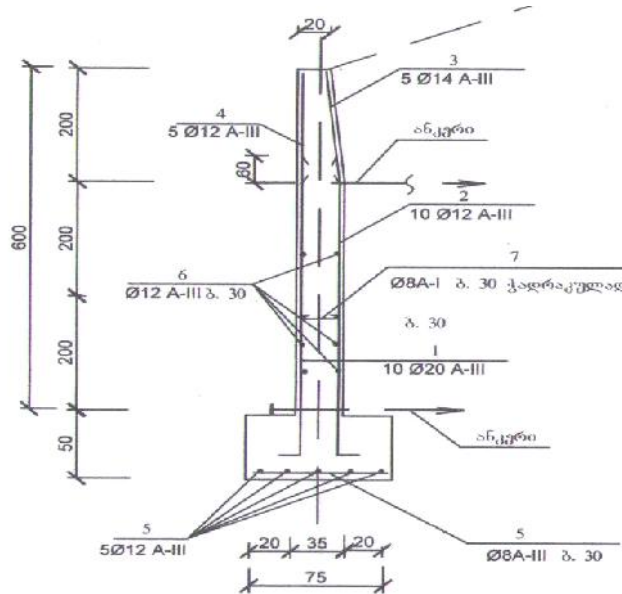


ნახ. 3. საყრდენი კედლის კონსტრუქციული სქემა.



ნახ. 4. საყრდენი კედლის საანგარიშო სქემა.

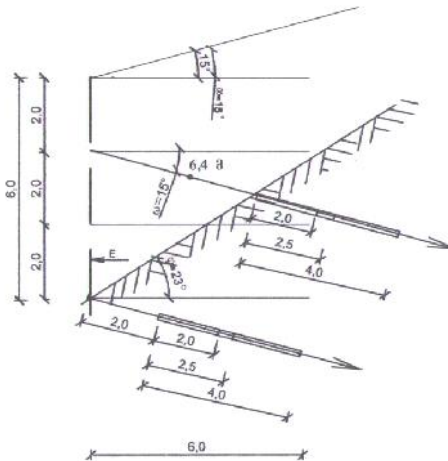
კედლის გრუნტის დაწნევის (E) მოდების წერტილიდან გრუნტული ანკერების ერთნაირ მანძილზე განთავსების შემთხვევაში, მათ მჭიმებში აღიძვრება ერთნაირი გამჭიმავი ძალები და მათი ჰორიზონტალური პროექცია ტოლი იქნება  $N=14.0$  ტ, ხოლო მჭიმებში აღძრული ძალვა  $-14.5$  ტ. საყრდენი კედლის კონსტრუქციული გაანგარიშების შედეგად მიღებულია მისი დაარმატურება ნახ 5-ის მიხედვით.



ნახ.5. საყრდენი კედლის დაარმატურება

გრუნტული ანკერების გაანგარიშება

ანკერები განთავსებულია 2-იარუსად, ბიჯით 1 მ. ანკერის მჭიმის დიამეტრი  $\text{Ø} 28$  A-III. მათი სიგრძეებია: ქვედა იარუსის-4.5 მ; ზედა იარუსის-8.9 მ (ნახ 6)



ნახ. 6. საყრდენ კედელში გრუნტული ანკერების განთავსება.

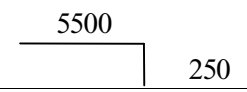
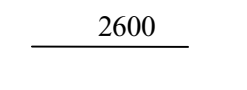
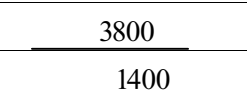
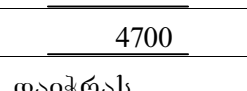
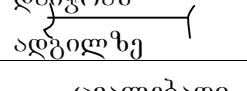
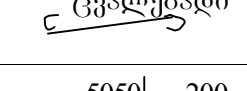
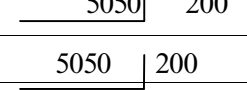
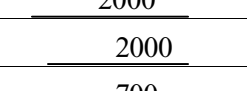
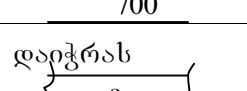
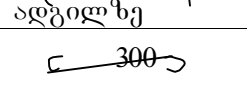

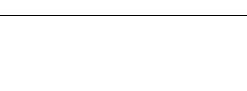


გრუნტში ანკერის ჩამაგრების ზონის გაანგარიშება:

$$F_j = 0.6 * 0.4 * 3.14 * 0.6 * 2.5 * 60 * 0.42447 = 28.8 \text{ ტ} \quad 2N_1 = 14.5 * 2 = 29.2 \text{ ტ}$$

III. შესადარებელი ვარიანტების შედარებითი ანალიზი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების მიხედვით

საყრდენი კედლების ტრადიციული და შემოთავაზებული კონსტრუქციული გადაწყვეტების არმატურების სპეციფიკაციები კედლის 10 გრძივი მეტრისათვის მოცემულია ცხრილში 1; მასალების ხარჯი - ცხრილში 2; ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები - ცხრილში 3; ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შედარება.

ცხრილი 4  
 ცხრილი 1. არმატურის სპეციფიკაცია

საყრდენი კედლის	არმატურის სპეციფიკაცია						არმატურის ამოკრება			
	პოზ. №	ესკიზი	მმ	1	n	nx1	მმ	nx1	q კვ	
				სმ	ცალი	მ			მმ	მ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12
ტრადიციული ერთიარუსიანი	1		25AIII	575	200	1150,0	25AIII	1530,0	—	5891
	2		12AIII	260	200	520,0	12AIII	802,0	—	714
	3		25AIII	380	100	380,0	10AIII	2510,0	—	1556
	4		10AIII	140	50	70	8AI	340,0	134	—
	5		12AIII	470	60	282,0	ჯამი		134	8161
	6		10AIII	—	—	2440	სულ		8295	
	7		8AI	აშ=50	680	340,0	V <sub>კ</sub> =39,5 მ <sup>3</sup> B-20			
შემოთავაზებული კონსტრუქციული უსვეტო B-20 წყალნ. თიხნ.	1		20AIII	525	100	525	20AIII	525,0	—	1297
	2		12AIII	525	100	525	14AIII	100,0	—	121
	3		14AIII	200	50	100,0	12AIII	1175,0	—	1046
	4		12AIII	200	50	100,0	8AI	187,0	166	—
	5		8AI	70	35	24,5	ჯამი		166	2464
	6		12AIII	—	—	550,0	სულ		2630	
	7		8AI	45	350	162,0	V <sub>კ</sub> =23,3 მ <sup>3</sup>		B-20	

ცხრილი 2. მასალების ხარჯი საყრდენი კედლების 10 გრძივი მეტრისათვის

საყრდენი კედელი	ბეტონის კლასი	მასალების ხარჯი					
		ბეტონი მ3	ღუღაბი მ3	არმატურა			
				A-I	A-III	ანკერებზე, A-III	A-III სულ
ტრადიციული	B-20	39.5	9.4	134	8161	477	8638
შემოთავაზებები	B-20	23.3	14	166	2464	647	3111

ცხრილი 3. ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები

საყრდენი კედელი	მაჩვენებლების %-ული თანაფარდობა		სხვაობა %-ში		საშუალო სხვაობა %-ში
	შრომატევად	სრული ღირებულება	შრომ.	მატ. ღირ.	
ტრადიციული	100	100	-	-	-
შემოთავაზებული	86.9	48.2	13	52	32.5

### 3. დასკვნა

ორ იარუსად განთავსებულ გრუნტულანკერებიანი მონოლითური რკინაბეტონის საყრდენი კედლების ეკონომიური ეფექტი 1 იარუსად განთავსებულ გრუნტულანკერებიან კედლებთან მიმართებაში შეადგენს დაახლოებით 30%-ს.

### 4. ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების ურთიერთშედარება

საყრდენი კედელი	მასალების ღირებულება, ლარი								მასალების საერთო ღირ.	სამუშაოთა შრომატ. (კაც.სთ)		ხელფასი, ლარი		კმდლის სრული ღირ.
	ბეტონი		ღუღაბი		არმატურა					ერთ. (100 მ3)	სულ	ერთ.	სულ	
	1 მ3	სულ	1 მ3	სულ	A-I		A-III							
	1 მ3	სულ	1 მ3	სულ	1 ტ	სულ	1 ტ	სულ						
ტრადიციული	110	4345	80	376	1300	174	1310	11315	16210	599	237	3.5	830	17040
შემოთავაზებული	110	2563	80	1120	1300	216	1310	4075	7974	882	206	3.5	721	8695

### ლიტერატურა

1. СНИП 2.02.01-83. Основания и фундамент М. 1982 ;
2. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Под общей редакцией проф. Е.А. Сорочана. М. Стройиздат, 1985.
3. А.Б. Голышев В.Я. Бачинский и др. Проектирование железобетонных конструкций. Справочное пособие Киев, „Будивельник” 1985.
4. ვ. ლოლაძე, შ. ბაქანიძე, ნ. მსხილაძე, ვ. პირმისაშვილი, თ. თავაძე. ბუნებრივი კალთების და მიწის ნაგებობების ფერდობის მდგრადობის უზრუნველყოფის ახალი ტექნოლოგიური გადაწყვეტები, (მონოგრაფია), თბილისი, „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2013.

**ანაკლია – ახალი მიმართულება წყალზე ბანთაშენებელი შენობა-  
ნაბეობების დასაპროექტებლად**

**ლ. ბალანჩივაძე, ბ. მებაღიშვილი**

**(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 77, 0175,  
თბილისი, საქართველო)**

*რეზიუმე:* ნაშრომში განხილულია საქართველოში, ანაკლიის ტერიტორიაზე პორტისა და სანაპირო ზოლის ინფრასტრუქტურული პროექტების, მათ შორის წყალში და წყლის ზედაპირზე ახალი შენობა-ნაგებობების მშენებლობის თავისებურებებზე. საუბარია სამშენებლო საქმიანობისა და სივრცითი დაგეგმარების ძირითად პრიორიტეტებზე: დასახლებული და დაუსახლებელი ტერიტორიების მოწესრიგება, თანაბარი ეკონომიკური, ინფრასტრუქტურული, სოციალური, ეკოლოგიური და კულტურული განვითარების ტერიტორიული წინაპირობების შექმნა. ასევე, სარეკრეაციო ტერიტორიების შენარჩუნება და განვითარება;

*საკვანძო სიტყვები:* ინფრასტრუქტურა, სივრცითი განვითარება, სამშენებლო კონსტრუქციები, პორტი, შენობა-ნაგებობები, დეფორმაცია, მდგრადობა, სიმტკიცე.

## 1. შესავალი

მსოფლიოს წყლის მარაგის 95%-იოკეანეებისა და ზღვების მარილიანი წყლებია, რომელიც არ არის გამოიყენება ადამიანის მიერ. მათ შორის მტკნარი წყლების რაოდენობა შეადგენს 2,53-ს%, აქედან მნიშვნელოვანი წილი (68,7%), თავმოყრილია ანტარქტიკისა და არქტიკის ყინულოვან საფარში.

საქართველოს წყლის რესურსების თავისებურებანი განპირობებულია გეოლოგიური და კლიმატური პირობებით. მტკნარი წყლის რესურსები საქართველოს ერთ-ერთ ძირითად ბუნებრივ სიმდიდრეს წარმოადგენს. მისი ტერიტორიის უხვი ატმოსფერული ნალექები განსაკუთრებით შავი ზღვის აუზშია.

საქართველოს მრავალფეროვანი ლანდშაფტურ-კლიმატური პირობები და ხშირი ჰიდროგრაფიული ქსელი საერთაშორისო დონის რეკრეაციული ზონების შექმნის შესაძლებლობას იძლევა.

“განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, რომ ზღვისპირა ზოლის ათვისება და განვითარება აფხაზეთის ახლოს ხდება. ამ ადგილების მოწყობა-განაშენიანება, საერთაშორისო სტანდარტებით მოწყობილი ინფრასტრუქტურა და ზოგადად პროგრესი აუცილებელია არა მარტო ქართველი ხალხისთვის არამედ, აფხაზი ხალხისთვისაც” [1].

რეკრეაციული თვალსაზრისით ყველაზე ღირშესანიშნავ წყალსატევს შავი ზღვა წარმოადგენს. სანაპირო ზოლი, ისევე როგორც მთლიანად დასავლეთ საქართველო, ხასიათდება სუბტროპიკული კლიმატური პირობებით, ზომიერი ზამთრითა და ხანგრძლივი ცხელი ზაფხულით, რაც იძლევა საკურორტო ინფრასტრუქტურის ამ მიმართულებით განვითარების შესაძლებლობას.

წინასწარი ინფორმაციით, ანაკლიაში 100 მილიონი ტონა ტვირთის გამტარობის პორტი აშენდება. პორტის გარდა, დაგეგმილია ლოგისტიკური და სამრეწველო ზონის განვითარება, აგრეთვე, საერთაშორისო აეროპორტისა და თხევადი გაზის ტერმინალის მშენებლობა. "ანაკლიაში პორტის აშენებასთან ერთად, საქართველოს შეუძლია სატრანზიტო ქვეყნის ამბიციებიც დაიბრუნოს", რადგან აქ ყოველთვის იყო

-

«

»

დრმაწელიანი პორტის დეფიციტი. საზოგადოდ, ქვეყნის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარება მიმდინარე, კონკრეტულ მოთხოვნებს უნდა უსწრებდეს. სწორედ თავისუფალი სიმძლავრეების არსებობა წარმოშობს ახალ შესაძლებლობებს, ახალი ტვირთების მოზიდვის საფუძველს.

აღსანიშნავია, რომ შავ ზღვაში ჩადენისას მდინარე ენგურს ფსკერზე უზარმაზარი კანიონი აქვს ჩაჭრილი, რომლის წყალობით ანაკლიის ნაპირებთან შავი ზღვისპირეთში ყველაზე დიდი სიღრმეა, რაც თანამედროვე ნაოსნობისა და სატვირთო ნავსადგურის ასაშენებლად მნიშველოვანი ხელშემწყობი პირობაა.

## 2. ძირითადი ნაწილი

სამშენებლო სფეროს განვითარების უმნიშველოვანესი მიმართულებაა ქვეყნის ტერიტორიის სივრცითი დაგეგმარების, სამშენებლო საქმიანობისა და მათი განხორციელებასთან დაკავშირებული სამართლებრივი ურთიერთობების მოწესრიგება.

სამშენებლო საქმიანობისა და სივრცითი დაგეგმარების ძირითადი პრიორიტეტებია: დასახლებათა მოწესრიგებული განვითარება; ქვეყნის დასახლებულ და დაუსახლებელი ტერიტორიების თანაბარი ეკონომიკური, ინფრასტრუქტურული, სოციალური, ეკოლოგიური და კულტურული განვითარების ტერიტორიული წინაპირობების შექმნა; ასევე, სარეკრეაციო ტერიტორიების შენარჩუნება და განვითარება; მშენებლობის მდგრადი და უსაფრთხო წარმოება; შენობა-ნაგებობათა მშენებლობით ან გამოყენებით გამოწვეული შესაძლო საფრთხისაგან დაცვა.

შენობა-ნაგებობის დაპროექტებისას მნიშველოვანია მისი ხანგამძლეობისა და საიმედოობის უზრუნველყოფის გათვალისწინება, რაც შესაძლებელია კონსტრუქციული ელემენტების გეომეტრიული ზომებისა და გამოყენებული საშენი მასალების, ნორმების მიხედვით სწორად შერჩევით. ეს კი ხშირ შემთხვევაში ვერ ან არ სრულდება, ექსპლუატაციისას მისი მუშაობის რეალური პირობების არ გათვალისწინების გამო.

სივრცითი მოწყობისა და ქალაქმშენებლობის სფეროში მოქმედი კანონის მიზანია ეკონომიკური და სხვა საქმიანობის გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების მინიმალიზებით, ტერიტორიებისა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენებით უზრუნველყოს ახლანდელი და მომავალი თაობებისათვის ჯანსაღი საცხოვრებელი გარემოს არსებობა; ტერიტორიის დაგეგმარების და მშენებლობის ძირითადი პარამეტრების განმსაზღვრელი ფაქტორები უნდა იყოს



ნახ.1. შავი ზღვის სანაპირო ზოლი

-

«

»

ადგილმდებარეობა და რელიეფის ხასიათი, რათა სანაპირო ზოლის გაყოფებით, გაშლილი განაშენიანება შეიქმნას, რომელიც უზრუნველყოფს უსასრულო სივრცისაკენ – ზღვისკენ სწრაფვას და მრავალფეროვან ბუნებრივ გარემოს.

დღევანდელ საქართველოში არ არსებობს დაპროექტებისა და მშენებლობის ხარისხობრივი კონტროლის რეგულაციები (სტანდარტები, მშენებლობის სახელმწიფო ნორმები და წესები), რომელიც მორგებული იქნებოდა გარემო – პირობებზე, მის სპეციფიკაზე, გეოლოგიურ პირობებსა და ა.შ. ყველა უცხოური კომპანია, რომელიც საქართველოში მშენებლობითაა დაკავებული, საკუთარი ქვეყნის ნორმატიულ დოკუმენტებს ეყრდნობა, ხოლო ქართული კომპანიები კი სარგებლობენ ყოფილი საბჭოთა ნორმებით, რაც რეალობას არ შეესაბამება. არადა, სტანდარტებისა და ნორმების დაცვა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ისეთი ობიექტების მშენებლობისათვის, როგორცაა წყლის ზედაპირზე ან მისი მუდმივი ზემოქმედების ქვეშ მყოფი ნაგებობებისათვის.

შენობა-ნაგებობის წყალზე აგება გამოირჩევა შემდეგი უპირატესობებით: ზღვის, სანაპიროს, მდინარის თუ ტბის ნებისმიერ მონაკვეთზე განთავსებული შენობა-ნაგებობების ძირითად მასალად განიხილება რკინაბეტონის ან ლითონის კონსტრუქციები, რომლებიც ბევრად ხელმისაწვდომია (ბეტონი ადგილობრივი წარმოების მასალაა) და ხასიათდება მთელი რიგი დადებითი თვისებებით: ხანგამძლეობა, ცეცხლგამძლეობა, ატმოსფერული ზემოქმედებისადმი მედეგობა, სტატიკური და დინამიკური დატვირთვების მიმართ მაღალი წინააღობა, ამასთან ერთად დაბალი ფასი და პრაქტიკულად ნედლეული მასალის განუსაზღვრელობა.

მთავარი, რაც მოეთხოვება ასეთი ტიპის მშენებლობასა და პროექტირების მეთოდებს, ესაა ყველაზე ეკონომიური და თანამედროვე ტექნოლოგიებისა და გაანგარიშების მეთოდების შერჩევა, რამაც უნდა უზრუნველყოს ენერგოდანაზოგები და ბიოეკოლოგიური გარემოს შენარჩუნება. ასეთი მიდგომები ამცირებს შენობა-ნაგებობების საექსპლუატაციო ხარჯებს და დადებითად მოქმედებს გარემოს გაგლენაზე.

მიუხედავად იმისა, რომ წყალზე და წყლის ზედაპირზე მშენებლობის განვითარება, იძლევა სანაპირო ზოლზე მიწის ნაკვეთების დეფიციტის შემცირების შესაძლებლობას, თუმცა აქაც გვხვდება ძალიან ბევრი პრობლემა: კომუნიკაციების მოწყობა, საინვესტიციო კანონმდებლობის არარსებობა-მოუგვარებლობა მფლობელსა და სახელმწიფოს შორის წყლის ზედაპირზე მშენებლობისათვის და სხვა სირთულეები.

წყლით გაუდენთილი საშენი მასალა კარგავს სიმტკიცეს, ხოლო ხშირ შემთხვევაში წყალში არსებული მარილები იწვევს მასალების დაკონსტრუქციების საერთოდ დაშლას. ამ მოვლენის თავიდან აცილების მიზნით საჭირო ხდება დამატებითი ჰიდროსაიზოლაციო სამუშაოების ჩატარება, რომელიც კონსტრუქციის ზედაპირს დაიცავს შემდგომ წყლის ზემოქმედებისაგან.

შავი ზღვისპირეთისათვის დამახასიათებელი გარემო პირობებისადმი აუცილებელია მდგრადი მაღალი სიმტკიცის, მცირედ დეფორმირებადი და წყალშეუღწევადი საშენი მასალა, რათა შენობა-ნაგებობა იყოს ხანგამძლე და მშრალი. ე.ი. არ შეიცავდეს და არ შთანთქავდეს წყალს.

მშენებლობაში გამოყენებული სამშენებლო მასალებს შორის პირველ ადგილს ისევ რკინაბეტონი იკავებს, როგორც ყველაზე ხანგამძლე და ხელმისაწვდომი. თუმცა შავი ზღვის რეგიონებში ნაგებობების მდგომარეობის შესასწავლად ჩატარებული



-

«

»

კვლევები გვიჩვენებს, რომ რკინაბეტონის კონსტრუქციებს აქვთ მნიშვნელოვანი კოროზიული დაზიანებები. ჰაერის მაღალი ფარდობითი ტენიანობა საშუალოდ 75-85%, რომელიც მნიშვნელოვნად აღემატება კრიტიკულს (60%), წლიური დადებითი ტემპერატურა ბეტონის დამცავი ფენის კოროზიის შემდეგ ხელს უწყობს არმატურის კოროზიული პროცესების დაჩქარებას. კონსტრუქციების ზედაპირზე არმატურის ღეროს გასწვრივ, ღეროების გაჭიმვის შედეგად ჩნდება ბზარები, ბეტონის დამცავი ფენა იშლება და ალაგ-ალაგ ჩნდება არმატურა. ატმოსფერული კოროზიის პროცესი შეუწყვეტლად მიმდინარეობს, რაც მნიშვნელოვნად აზიანებს კონსტრუქციებს.

გარდა ზემოთ ჩამოთვლილი უარყოფითი ზეგავლენისა, რკინაბეტონის კონსტრუქციები გამოირჩევიან მაღალი კუთრი წონით - მასით, რაც ზრდის შენობებში დატვირთვებს და კიდევ უფრო აძვირებს მშენებლობას.

ბეტონის ზედაპირებზე ნეგატიურად მოქმედ ძირითად ფაქტორებს შორის ყველაზე საშიშია - წყალი, რომელიც ხვდება კონსტრუქციებზე ან ნალექის, ან კიდევ გამდინარე და ჩამდინარე გრუნტის წყლების სახით, რაც იწვევს მის მკვეთრ დაზიანებას.

### 3. ღასკვნა

ნაშრომში განხილულია საქართველოში, ანაკლიის ტერიტორიაზე პორტისა და სანაპირო ზოლის ინფრასტრუქტურული პროექტების, მათ შორის წყალში და წყლის ზედაპირზე ახალი შენობა-ნაგებობების მშენებლობის თავისებურებებზე. საუბარია სამშენებლო საქმიანობისა და სივრცითი დაგეგმარების ძირითად პრიორიტეტებზე: დასახლებული და დაუსახლებელი ტერიტორიების მოწესრიგება, თანაბარი ეკონომიკური, ინფრასტრუქტურული, სოციალური, ეკოლოგიური და კულტურული განვითარების ტერიტორიული წინაპირობების შექმნა. ასევე, სარეკრეაციო ტერიტორიების შენარჩუნება და განვითარება;

სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით საზღვაო ნაგებობები (პორტები, ნაპირდამცავი და საყრდენი ნაგებობები) უნდა დაპროექტდეს ტექნოლოგიური მოთხოვნების შესაბამისად, რომლის გათვალისწინებით მოხდება ძირითადი ნაგებობის დაპროექტება, მისი გაბარიტული ზომების, ვერტიკალური დაგეგმარების ნიშნულის, ნორმატიული საექსპლუატაციო დატვირთვების და ა.შ. მონაცემების დაზუსტება.

### ლიტერატურა

1. „ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციები“ (პნ 03.01-09) 171გვ.
2. [://www.morproekt.ru/uslugi/proektirovanie-morskikh-portov-prichalov.html#sthash](http://www.morproekt.ru/uslugi/proektirovanie-morskikh-portov-prichalov.html#sthash).
3. ( )http:  
[//www.morproekt.ru/uslugi/proektirovanie-gidrotekhnicheskikh-sooruzhenij-morskie-port](http://www.morproekt.ru/uslugi/proektirovanie-gidrotekhnicheskikh-sooruzhenij-morskie-port).

ჩაის მასის მოძრაობის პროცესის კვლევა  
მ. ჯვარაცხელიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. №77,  
0175 თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** ჩაის ფოთლის ღნობა რთული ბიოლოგიური პროცესია. პროდუქციის საბოლოო ხარისხის მისაღებად ძირითად განმსაზღვრელ ფაქტორს წარმოადგენს ჩაის უხეში და მოუხეშო ფრაქციის რაოდენობა, რაც იწვევს 20-30% საღნობი აგრეგატის მწარმოებლების შემცირებას და ჩაის ფოთლის ღნობის არათანაბრობის გაზრდას. ამიტომ ნაშრომი ითვალისწინებს ჩაის მასის თბური დამუშავების ისეთი მეთოდის ძიებას, როდესაც ღნობის პროცესის ინტენსიფიკაციასთან ერთად მიიღება თანაბრად მომღწარი ჩაის მასა. აღნიშნული ამოცანის გადასაწყვეტად დადგენილი იქნა ჩაის მასის მოძრაობის და შრის სიმაღლის ოპტიმალური პარამეტრების სისდიდეები და ჩატარებული იქნა ცდები ჩაის მასის გასაშუალებულ ნიმუშზე.

**საკვანძო სიტყვები:** ჩაი, ფარდობითი უძრავობა, ღნობა, კონვეირი, დუეი, ვისოსები, სრიალის თავისუფალი მოძრაობა.

## 1. შესავალი

შავი ჩაის წარმოებაში ერთ-ერთ მეტად ენერგოტევად პროცესს წარმოადგენს ჩაის ღნობის პროცესი. ამავე დროს ჩაის თანაბარი ღნობა და ხარისხი ძირითადი განმსაზღვრელი ფაქტორია პროდუქციის საბოლოო ხარისხის მისაღებად.

დღეისათვის ჩაის წარმოებაში გამოყენებული ლენტურ-კონვეიერული საღნობიარეგატი სითბოს კონვექციური მიყვანით ხასიათდება მთელი რიგი მნიშვნელოვანი ნაკლოვანებებით, რომელთა შორის ძირითადია არათანაბარი ღნობა. ეს კი უარყოფითად მოქმედებს ტექნოლოგიური პროცესის შემდეგ ოპერაციებზე და ამცირებს მზა პროდუქციის ხარისხს.

ბოლო წლებში ჩაის ნედლეულში მნიშვნელოვნად გაიზარდა უხეში და მოუხეშო ფრაქციის რაოდენობა (30% გათვალისწინებული 8%-ის ნაცვლად). რაც იწვევს 20-30% საღნობი აგრეგატის მწარმოებლობის შემცირებას და ჩაის ფოთლის ღნობის არათანაბრობის გაზრდას.

ყოველი ეს გვაფიქრებინებს ჩაის მასის თბური დამუშავების ისეთი მეთოდის ძიებას, როდესაც ღნობის პროცესის ინტენსიფიკაციასთან ერთად მიიღება თანაბრად მომღწარი ჩაის მასა.

## 2. ძირითადი ნაწილი

აღნიშნული ამოცანის გადასაწყვეტად საჭიროა ჩაის დუეების (კვირტი, ფოთოლი,დერი) და ჩაის მასის თეორიული და ექსპერიმენტალური გზით მოძრაობის პროცესის შესწავლა მოვიბრირე სიბრტყეზე ვიბრაციის ცვალებადი კუთხის და თბილი ჰაერის ქვემოლან შებერვისას.

ჩაის მასის მოძრაობის განტოლება ვიბრაციული დარის ჰარმონიული რეჟიმის დროს ჩაიწერება შემდეგი სახით.

$$\xi = \xi_0 \sin \tilde{\omega} t \quad (1)$$

სადაც:  $\xi$  - ბარბაცას საწყისი მდგომარეობიდან მობრუნების კუთხეა;

$\xi_0$  - კუთხური ამპლიტუდა ( $\xi_0 = a/l$ )

- მხრეულის სიგრძე;
- ω- რხევის ციკლური სიხშირე;
- τ - ბარბაცას მობრუნების დრო.

ჩაის დუეის მოძრაობის დიფერენციალურ განტოლებებს კოორდინატთა ღერძებზე xoy სისტემაში ექნება შემდეგი სახე:

$$m \frac{d^2 s}{dx} = -mg \sin \tau + m^2 \{ {}_0\dot{S}^2 \sin \dot{S} \ddagger \cos(S - \{ ) - m^2 \{ {}_0^2\dot{S}^2 \cos^2 \dot{S} t \sin(S - \{ ) + T + mg \cos y \quad (2)$$

$$m \frac{d^2 s}{dy} = -mg \sin \tau + m^2 \{ {}_0\dot{S}^2 \sin \dot{S} \ddagger \cos(S - \{ ) - m^2 \{ {}_0^2\dot{S}^2 \cos^2 \dot{S} t \cos(S - \{ ) + N + mg \sin y \quad (3)$$

ჩაის დუეის მოვიბრირე ზედაპირიდან მოწყვეტის პირობას ექნება შემდეგი სახე:

$$\dot{S} > \dot{S}_{sn2} = \sqrt{\frac{g(\cos d + \sin y)}{a \sin(S - \{_0)}} \quad (4)$$

სადაც m - ერთეული ჩაის დუეის მასაა;

T და N - მოვიბრირე სიბრტყის მხები და ნორმალური რეაქციის ძალებია;

β - ვიბრაციის საწყისი კუთხე, d და y მოვიბრირე სიბრტყის და ჰაერის გამანაწილებელი გისოსების ნახვრეტების ღერძების დახრის კუთხე ჰორიზონტალურ სიბრტყესთან.

შეიმჩნევა, რომ მოვიბრირე ზედაპირიდან ჩაის დუეის მოწყვეტა და თავისუფალი მოძრაობა შეიძლება მოხდეს დახრილ სიბრტყეზე მხოლოდ ზევით სრიალის შემდეგ. როდესაც მხები და ნორმალური ძალები T=0 და N=0 ჩაის დუეის თავისუფალი მოძრაობის დიფერენციალური განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\frac{d^2 s}{dx^2} = -g \sin \tau + 2 \{ {}_0\dot{S}^2 \sin \dot{S} \ddagger \cos(S - \{ ) - 2 \{ {}_0^2\dot{S}^2 \cos \dot{S} t \sin(S - \{ ) + g \cos y \quad (5)$$

$$\frac{d^2 s}{dy^2} = -g \cos \tau + 2 \{ {}_0\dot{S}^2 \sin \dot{S} \ddagger \sin(S - \{ ) + 2 \{ {}_0^2\dot{S}^2 \cos \dot{S} t \cos(S - \{ ) + g \sin y \quad (6)$$

თუ მოვიბრირე სიბრტყის ზედაპირიდან ჩაის დუეის მოწყვეტა მოხდა ფარდობითი სრიალის შემდეგ, მაშინ საწყისი პირობა მიიღება (5) და (6) განტოლებების ინტეგრირებით, როდესაც

$$T = Ntgp \quad (7)$$

სადაც P ხახუნის კუთხეა და როდესაც <დშესაძლებელია სრიალი ზემოთ და როცა P>a შესაძლებელია სრული ქვემოთ.

ჩაის დუეის ფრენის შეწყვეტა ანუ მოვიბრირე სიბრტყესთან კონტაქტის მომენტი ხასიათდება განსაზღვრული კუთხით, რომლის დროსაც y=0.

იტერაციული განტოლების ნიუტონის ფორმულის ამოხსნით, ვღებულობთ ჩაის დუეის ფარდობითი სიჩქარის შესაბამისად პროექციას მოვიბრირე სიბრტყეზე დაცემის მომენტში და მის გასწვრივ გადაადგილებისას.

თუ ჩაის დუეი გაჩერდება განსაზღვრული სიდიდის ფაზურ კუთხეზე, მაშინ მისი შემდეგი მოძრაობისას იწყება სრიალი ზემოთ (შესაძლებელია სიმშვიდის პირველი არე).

შემდეგი ცდები ჩატარებული იქნა ჩაის მასის გასაშუალებულ ნიმუშებზე.

ექსპერიმენტული მონაცემებიდან ჩანს (ცხრ. 1), რომ დაწყებული 387025/-დან ფაზური სიდიდეები მეორდება: ჩაის მასის ზემოთ სრიალის შემდეგ იწყება

-

«

»

თავისუფალი მოძრაობა ზემოთ (227025/), შემდეგ სრიალი ზემოთ (6020/ ), შემდეგ კი სრიალი ქვემოთ (127015/), შემდეგ თავისუფალი მოძრაობა ზემოთ ( 227020/), სრიალი ზემოთ (6025/), სრიალი ქვემოთ (127035/) და ციკლი მეორდება 3600-ის შემდეგ.

ანალოგიურად მიიღება იმ შემთხვევებისთვისაც, როდესაც ჩაის მასა ჩერდება აღნიშნული სიდიდის ფაზურ კუთხეზე, ხოლო შემდეგი მისი ცვლილება იწვევს ქვემოთ სრიალს.

ჩაის მასის მოვიბრირე სიბრტყეზე მოძრაობისას განვლილი მანძილის და საშუალო სიჩქარის გამოთვლილი მნიშვნელობები ციკლის დროს მოცემულია (ცხრ. 1).

ჩაის დუყის მოძრაობის (ფარდობითი უძრაობა, სრიალი და თავისუფალი მოძრაობა) დიფერენციალური განტოლებების და კრიტიკული სიჩქარეების (სრიალის ქვედა და ზედა ზღვარი) შესაბამისი ბრუნვის სიხშირეების განტოლებების ამოხსნისატვისნდავაამუშავე ბლოკ-სქემა.

ფორმულები გამოყვანილია ჩაის დუყისათვის და არა მთელი მასისათვის, რომელიც გისოსებზე გადაადგილდება შრის გარკვეული სისქით. ბრუნვის სიხშირის საბოლოოკორექტირებისათვის გავითვალისწინეთ კოეფიციენტი, რომლის მნიშვნელობა დაგენილი იქნა ექსპერიმენტულად და ტენიანობის მიხედვით იცვლება  $K=1,4$ -დან  $1,8$ -მდე.

ცხრილი 1

ჩაის მასის მოძრაობის განვლილი მანძილი და საშუალო სიჩქარე ერთი ციკლის დროს

№	ბრუნვის სიხშირე, n ბრ/წთ	კუთხური სიხშირე, $\omega$ წმ <sup>-1</sup>	განვლილი მანძილი S მ	მოძრაობის სიჩქარე v მ/წმ	შენიშვნა
1	220	23,07	0,008	0,032	მოწყვეტის გარეშე
2	260	27,21	0,016	0,071	მოწყვეტის გარეშე
3	280	29,31	0,032	0,169	მოწყვეტით
4	320	33,49	0,045	0,249	მოწყვეტით

### 3. დასკვნა

ჩაის მასის დნობის პროცესის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგების ანალიზის მიხედვით დადგენილი სიჩქარის განმსაზღვრელი ემპირიული ფორმულა, დნობის პროცესის ხანგრძლივობის განმსაზღვრელი რეგრესიის განტოლება; დუყის მოვიბრირე სიბრტყეზე მოძრაობის (სრიალის, ფარდობითი უძრაობის, ფრენის) დიფერენციალური განტოლებები პროცესზე მოქმედი ძირითადი ფაქტორების მიხედვით.

### ლიტერატურა

1. . . . . : , 1981 . 120;
2. . . . . : , 1957 . 303;
3. . . . . : . . . . . 1870 . 105;
4. . . . . . \ . . . . .
5. . . . . : , 1982 . 23;
6. . . . . . \ . . . . . « . . . . . : 1989, 6 . 48-49;

მეტროპოლიტენის დიდი ჩაღრმავების ერთთაღიანი სადგურები  
ბ. ჟულუპიკე, მ. ბრეელიშვილი, ბ. ზურაბიანი  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ.კოსტავას ქ.№77,  
0175 თბილისი, საქართველო)

*რეზიუმე:* სტატიაში აღნიშნულია, რომ ქ. თბილისის მეტროპოლიტენის ახალი რივის მშენებლობაზე მრავალი სიახლე და მოწინავე კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური გადაწყვეტა იქნება რეალიზებული. აღმოცენდება სისტემური ხედვა გვირაბმშენებლობაში მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარებაზე.

*საკვანძო სიტყვები:* მეტროპოლიტენი, დიდი ჩაღრმავების თაღი, მუდმივი სამაგრი.

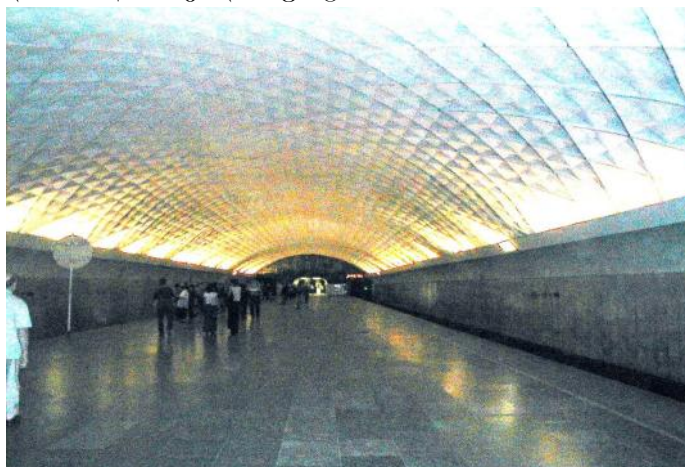
### 1. შესავალი

მსოფლიოში მიმდინარე ურბანიზაციის პროცესთან დაკავშირებით განსაკუთრებულ აქტუალობას იძენს ქალაქების სატრანსპორტო სისტემების სრულყოფა და განვითარება. მიწისზედა ტრანსპორტი, განსაკუთრებით პიკის საათებში, ვერ უზრუნველყოფს დიდი ქალაქებისათვის დამახასიათებელი მგზავრთა გაზრდილი ნაკადის ნორმალურ დროში გადაყვანას, რამაც განაპირობა ალტერნატიული სისტემის – მიწისქვეშა ტრანსპორტის წარმოშობა. ამ სახის ტრანსპორტის ძირითადი ტიპია მეტროპოლიტენი. სადღეისოდ მეტროპოლიტენით აღჭურვილია პრაქტიკულად მსოფლიოს ყველა დიდი ქალაქი.

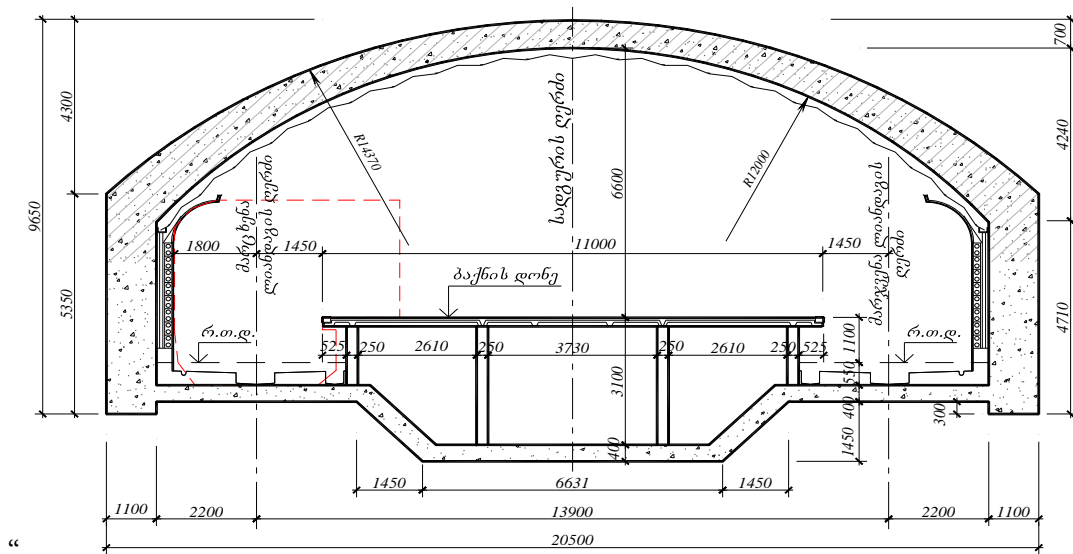
მეტროპოლიტენი რთული მიწისქვეშა კომპლექსია, რომლის ერთერთი ძირითადი და მნიშვნელოვანი ნაწილია გადასარბენი გვირაბები და განსაკუთრებით მიწისქვეშა სადგურები.

### 2. ძირითადი ნაწილი

ქ.თბილისის პირველი რივის მეტროპოლიტენის განვითარების პრაქტიკაში დიდი ჩაღრმავების ერთთაღიანი სადგურები პრაქტიკულად გამორიცხული იყო განხილვიდან. ჯერ კიდევ 1967 წელს სადგური „300 არაგველი“ დამპროექტებლების მიერ შესრულებულ იქნა ერთთაღიანი სადგურის კონსტრუქციული ფორმა. მაგრამ, მიუხედავად –ის (მშენებლობის ცენტრალური სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი, ქ. მოსკოვი) მხრიდან ამ ვარიანტის აქტიური მხარდაჭერისა, მან ვერ მიიღო მოწონება პროექტის ექსპერტთა მხრიდან. ქ. თბილისში პირველი ერთთაღიანი სადგური მხოლოდ 1979 წ. აშენდა (ფოტო 1, ნახ. 1).

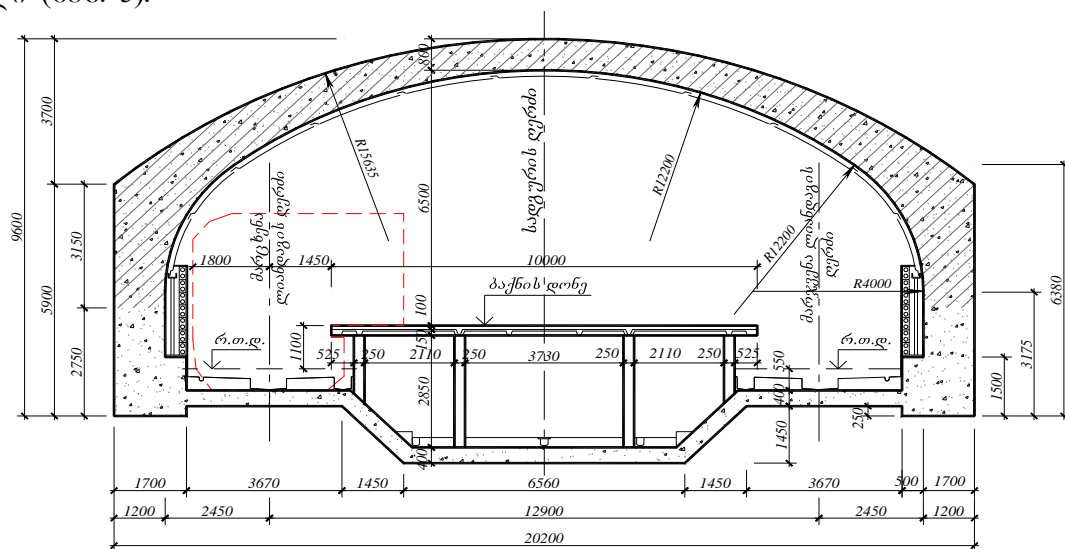


ფოტო 1. სადგური „ტექნიკური უნივერსიტეტი“

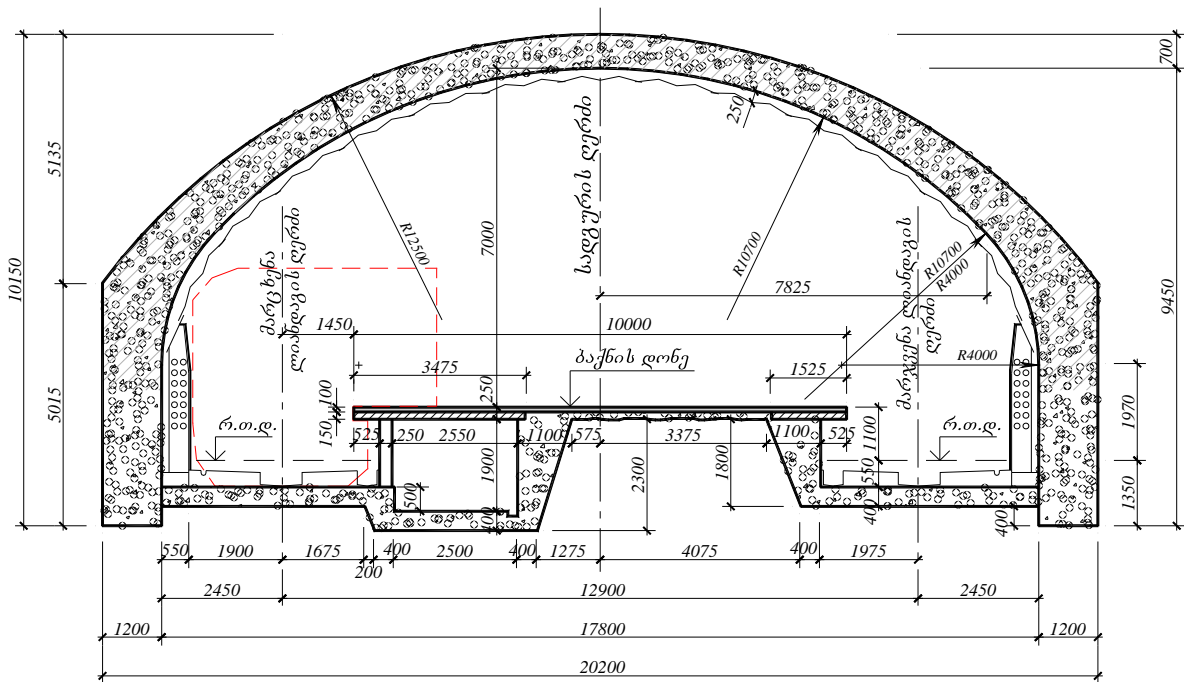


ნახ.1. სადგურ „ტექნიკური უნივერსიტეტი“ კონსტრუქცია

ამ სადგურის აგებისას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის „გვირაბები და მეტროპოლიტენების“ კათედრის თანამშრომელთა მიერ შეისწავლებოდა სამთო წნევის ფორმირებაში გვირაბის აგების ტექნოლოგიის გავლენის საკითხი. სადგურის წარმატებულმა მშენებლობამ, ზემოთ ნახსენები კვლევების შედეგებმა, –ში (ლენინგრადის სარკინიგზო ტრანსპორტის ინჟინერთა ინსტიტუტი) ეკვივალენტური მასალებისგან დამზადებულ მოდელზე ჩატარებულ კვლევებთან ერთად, თვალნათლივ აჩვენა ქ. თბილისში ერთთაღიანი სადგურების მშენებლობის შესაძლებლობა და მიზანშეწონილობა. ერთთაღიან მიწისქვეშა სადგურებს ქ. თბილისში „მწვანე შუქი“ მიეცათ. ამჟამად ექსპლუატაციაში იმყოფება ექვსი ერთთაღიანი სადგური, რომელთაგან ხუთი – დიდი ჩაღმაგების (ნახ. 1, 2). დასრულების სტადიაშია მეექვსე სადგური (ნახ. 3). უნდა აღინიშნოს, რომ ახალი ხაზის პროექტში (ნახ. 4) ხუთივე სადგურისთვის შემოთავაზებულია ერთთაღიანი მოდელი (ნახ. 5).



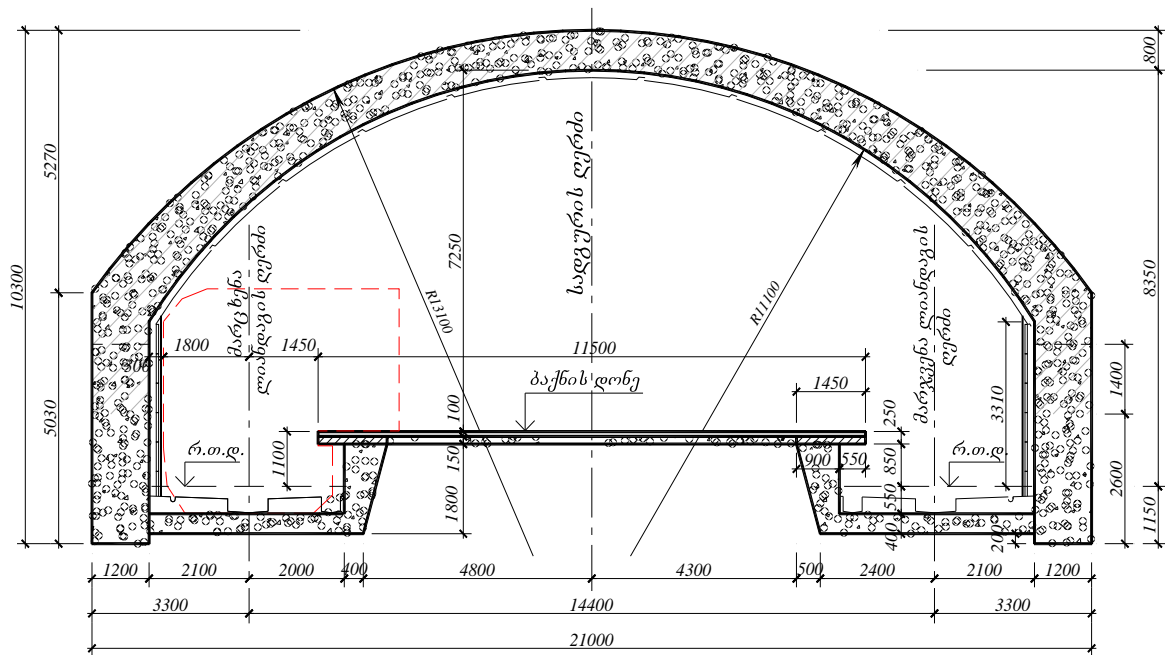
ნახ. 2. სადგური „სადგურის მოედანი 2“



ნახ.3. სადგური „სახელმწიფო უნივერსიტეტი“

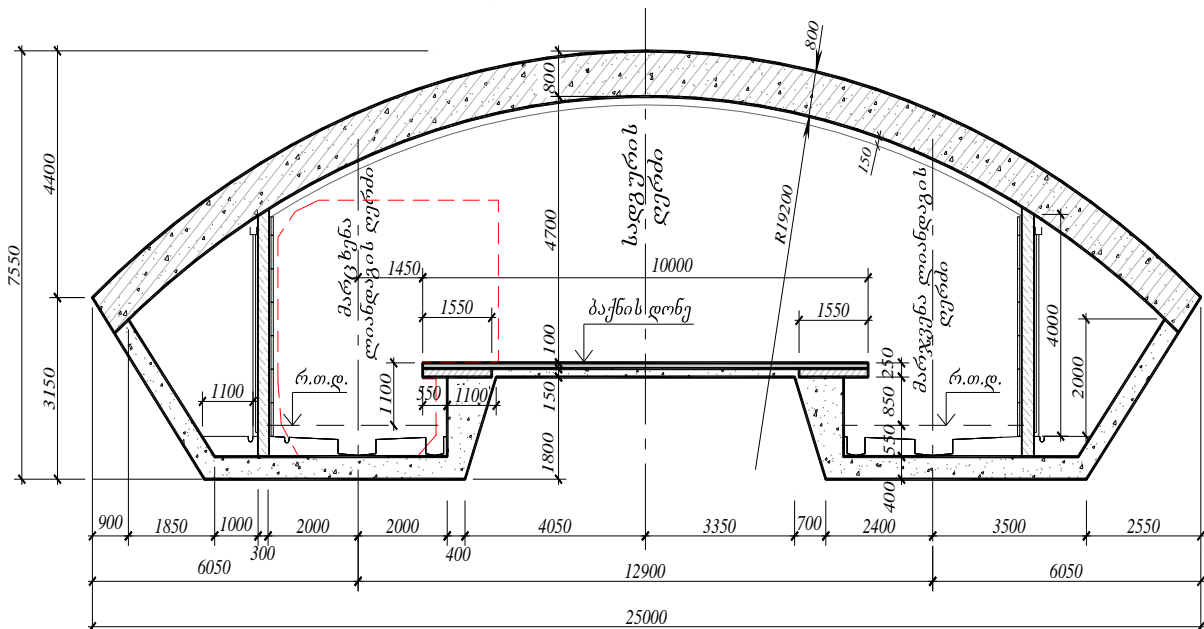


ნახ. 4. თბილისის მეტროპოლიტენის სქემა



ნახ. 5. სადგური „ზარბრიუკენის მოედანი“

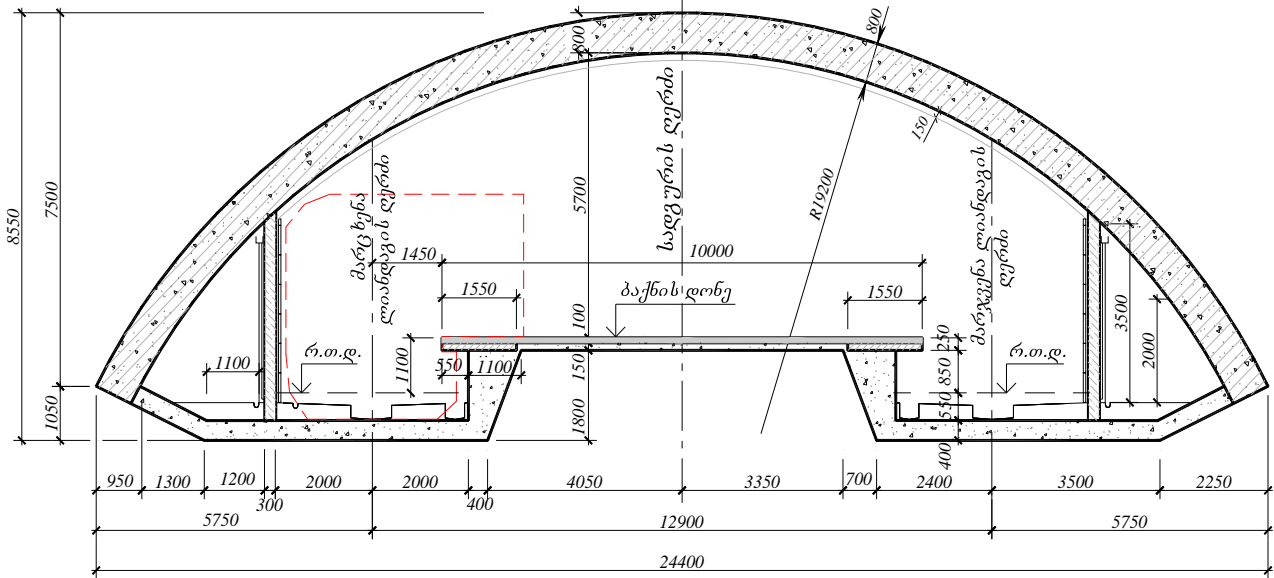
ამჟამად თბილისის მეტროპოლიტენის ერთთაღიანი სადგურების მშენებლობის ისტორიაში მიმდინარეობს ერთთაღიანი კონსტრუქციების ოპტიმიზაციის ეტაპი. ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ ექსპლუატაციაში მყოფი თბილისის მეტროპოლიტენის ერთთაღიანი კონსტრუქციები რთულ დაძაბულ მდგომარეობაში იმყოფება, რაც განპირობებულია კედლების არსებობით.



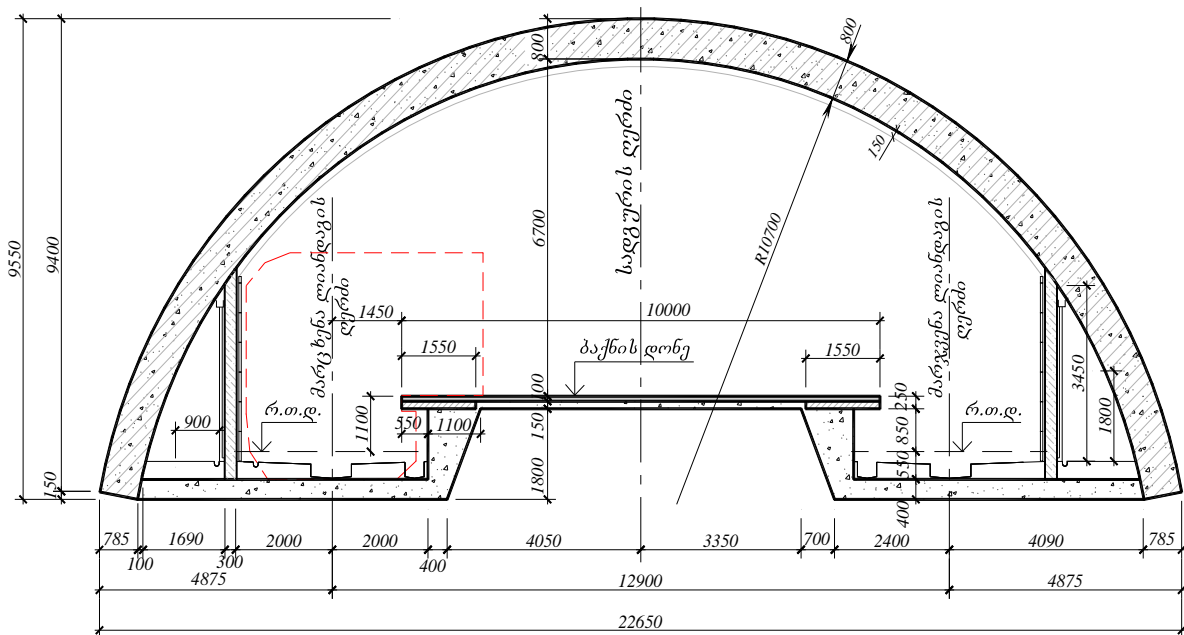
ნახ.6. ქანზე დაყრდნობილი თაღის სამაგრი (ვარიანტი 1)



ნახ. 6, 7 და 8-ზე მოყვანილია მეტროპოლიტენის სადგურის თაღის სხვადასხვა ამაღლების მქონე ახალი კონსტრუქციები, რომლებიც უშუალოდ გრუნტს ეყრდნობა.



ნახ.7. ქანზე დაყრდნობილი თაღის სამაგრი (ვარიანტი 2)



ნახ.8. ქანზე დაყრდნობილი თაღის მქონე სამაგრი (ვარიანტი 3)

მცირე ამაღლების თაღის ქანზე დაყრდნობის შემთხვევაში მისი დაძაბული მდგომარეობა ხელსაყრელად განსხვავდება არსებული კონსტრუქციებისაგან, მაგალითად, ისეთ ქანებში, სადაც გრუნტის სიმაგრის კოეფიციენტი  $f=3$  პროც. პროტოდიკონოვის მიხედვით, მღუნავი მომენტები იმდენად მცირეა, რომ ნორმალური ძალის ექსცენტრისიტეტის მაქსიმალური მნიშვნელობები არ აღემატება 12–14 სმ. ესე

-

«

»

იგი ძალიან დაბაბულ კვეთებშიც კი თალი მუშაობს არაცენტრალურ კუმშვაზე მცირე ექსცენტრისიტეტით. 25 მ სივრცის მალის მქონე თაღში არც ერთ კვეთში არ წარმოიშობა გამჭიმავი ძაბვები. ბეტონი მხოლოდ კუმშვაზე მუშაობს და ყველა კვეთში თალი აკმაყოფილებს მზიდუნარიანობისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს. ამასთან ერთად, შესაძლებელი +ხდება თაღქვეშა სივრცის გვერდითი ნაწილების გამოყენება სამომხმარებლო მიზნებისათვის.

ცხრილში 1 მოყვანილია მღუნავი მომენტების მნიშვნელობები ერთთაღიანი სადგურების ოთხი სხვადასხვა მოხაზულობის ფორმისათვის. სტატიკური გაანგარიშებები შესრულებულია ქანის დრეკადი უკუბჯენის კოეფიციენტის სამი სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის: სუსტად დანაპრალეული, საშუალოდ დანაპრალეული მქონე ქანებისა (ეს მნიშვნელობა დაწეულია 25%-ით) და ძლიერ დანაპრალეული (50%-ით) ქანებისათვის.

ცხრილი 1

ქანის სახელწოდება	მღუნავი მომენტის მაქსიმალური მნიშვნელობა, ტმ			
	კედლის სიმაღლე, მ			
	0	2.4	3.6	4.8
სუსტად ნაპრალეული	48.96	63.55	77.79	89.05
საშუალოდ ნაპრალეული	51.85	66.24	73.95	84.12
ძლიერად ნაპრალეული	56.94	68.3	78.3	86.79

საინტერესოა აღინიშნოს, რომ ქანების დეფორმირებადობა უმნიშვნელო გავლენას ახდენს მუდმივი სამაგრის მზიდუნარიანობაზე (ცხრ. 2)

ცხრილი 2

ქანის სახელწოდება	მზიდუნარიანობა, ტ							
	კლიტეში				ქუსლში			
	კედლის სიმაღლე, მ				კედლის სიმაღლე, მ			
	0	2.4	3.6	4.8	0	2.4	3.6	4.8
სუსტად ნაპრალეული	480	454	450	444	600	454	430	133
საშუალოდ ნაპრალეული	477	453	446	440	602	463	438	149
ძლიერად ნაპრალეული	462	452	443	436	600	467	444	166

ცხრილი 2-ის მონაცემები მოწმობს, რომ მზიდუნარიანობა თაღის კლიტეში იცვლება 0,4-3,9%-ის ფარგლებში, ხოლო ქუსლში, გარდა უკანასკნელი სვეტისა – 0,3-3,3%-ის ფარგლებში.

### 3. დასკვნა

ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა ქანზე დაყრდნობილი მცირე ამადლების თაღების გამოყენების შესაძლებლობა და მიზანშეწონილობა ქ. თბილისის დიდი ჩაღრმავების მეტროპოლიტენის სადგურებისათვის და ასევე დიდი ქალაქების მიწისქვეშა სივრცის ათვისებისას.

### ლიტერატურა

1. . . . : , // 1, ., 2002, . 46-47.
2. . . . // . . . 1, ., 1998, 31-32.

საგზაო სამოსის კონსტრუქციის ბაპლიერება  
ცივი რეციკლირების მეთოდით

თ. პაპუაშვილი, ვ. ჯღამაია, გ. ჩუბინიძე  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 0175 მ. კოსტავას 77,  
საქართველო, თბილისი)

**რეზიუმე:** ნაშრომში განხილულია საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ფენების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლების ამდლების მეთოდური ღონისძიება, რომელიც დაფუძნებულია ცივი რეციკლირების ტექნოლოგიის გამოყენებაზე.

ნაშრომი მოიცავს ცივი რეციკლირების ტექნოლოგიური პროცესის აღწერას და მისი შესრულების დროს გამოყენებული სამშენებლო მასალების თანამედროვე ლაბორატორიული გამოცდის მეთოდებს.

რეციკლერებული ნარევის ოპტიმალური ტენიანობისა და მაქსიმალური სიმკვრივის განსაზღვრისათვის გამოყენებულია უახლესი ლაბორატორიული დანადგარი – „სიბიარის პროექტორი“ (CBR). პარალელურად განხილულია რეციკლირებული ნარევით გამკვრივებული ფენილის დატკეპნის კოეფიციენტის განსაზღვრა „ბალონური ხელსაწყო“-ს გამოყენებით.

**საკვანძო სიტყვები:** სიბიარის პროექტორი; ბალონური ხელსაწყო; რეციკლირება; ფრეზირება; ბიტუმის ემულსია; ფილტრაცია; ადგეზია.

## 1. შესავალი

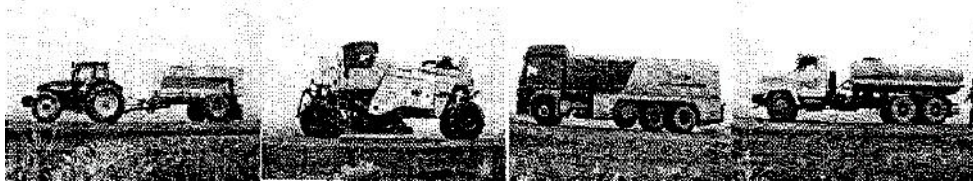
საავტომობილო გზების მშენებლობისას ფართო გამოყენება ჰპოვა ადგილზე ცივი რეციკლირების ტექნოლოგიამ, რადგან გზების ექსპლუატაციის მრავალწლიანმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ აუცილებელია ეფექტურად გამოვიყენოთ ძველი ასფალტბეტონი და სხვა ბიტუმინერალური ნარევები საგზაო სამოსების მშენებლობაში.

ცივი რეციკლირების ტექნოლოგია ფართოდ გამოიყენება, როგორც ევროპაში ასევე ამერიკაში. დღეისათვის საქართველოში მოქმედ რამოდენიმე სამშენებლო ფირმას აქვს ცივი რეციკლირების მანქანა-მექანიზმი და აწარმოებენ საგზაო სამოსის სარეაბილიტაციო სამუშაოებს.

ცივი რეციკლირების ტექნოლოგიური პროცესი ხორციელდება შესაბამისი მანქანა-მექანიზმებით. ცივი რეციკლირების სპეც. მანქანის მეშვეობით ხდება ძველი ასფალტბეტონის საფარის ფრეზირება, მისი დაქუცმაცება, შემკვრელთან და ინერტულ მასალასთან არევა და მიღებული ნაზავის გაშლა გრეიდერით, შემდგომში მისი დატკეპნით.

სხენებული ტექნოლოგიური პროცესი ასახულია სურ. №1-ზე.

ცემენტის მოყრა ხორციელდება რეციკლირებისათვის გამზადებული მონაკვეთის ხედაპირზე სპეციალური მანქანით (I). მას უკან მიყვება რეციკლირების მანქანა „Wirtgen“ (II), რომელსაც სპეციალური მოწყობილობებით უკავშირდებიან ბიტუმის ემულსიის (III) და წყლის მიმწოდებელი მანქანები (IV), რის შედეგადაც გარკვეული პროცენტული თანაფარდობით ხდება სათანადო ინგრედიენტების მიწოდება რეციკლირების მანქანის ამრეგ მოწყობილობაში.



სურ. №1. საგზაო სამოსის რეციკლირების ტექნოლოგიური სქემა  
(მარცხნიდან I – ცემენტის მოსაყრელი მანქანა; II – რეციკლირების მანქანა;  
III – ბიტუმის ემულსიის მანქანა; IV – წყლის მიმწოდებელი მანქანა)

რეციკლირების ტექნოლოგიის შესაბამისად 18 სმ სისქის საფუძვლის ფენის მოსამზადებლად 1 მ<sup>2</sup>-ზე საჭიროა შემდეგი სახის და ოდენობის მასალები, კერძოდ:

1. ნაფრეზი გრანულატი – h-7 სმ
2. ფრაქციული ღორღი (0-40 მმ) – h-11 სმ
3. ცემენტი (M-400) – 15 კგ მ<sup>2</sup>-ზე.
4. ბიტუმის ემულსია – 4.5 ლ/მ<sup>2</sup>-ზე
5. წყალი – 16 ლ/მ<sup>2</sup>-ზე.

ყველა შემადგენელი კომპონენტი უნდა იქნას დოზირებული იმ რაოდენობით, რომელიც მიღებულია ნარევის მუშა ფორმულით, ნარევის ოპტიმალური ტენიანობის დაცვით. შემკვრელად გამოყენებული უნდა იყოს ცემენტის და ბიტუმის ემულსიის ერთობლივი ნარევი. აქ ბიტუმის ემულსიის ნაცვლად შესაძლებელია გამოყენებული იქნას აქაფებული ბიტუმი (ქაფბიტუმი).

ცივი რეციკლირების მეთოდით საგზაო სამოსის რეაბილიტაციის დროს არ არის აუცილებელი სამოსის ფენებიდან მოხსნილი მასალების გატანა და დასაწყობება, რადგანაც მთლიანად გამოყენებულია, როგორც ძველი ასფალტბეტონის ნაფრეზი გრანულატი ასევე ძველ საფუძველში არსებული ღორღი.

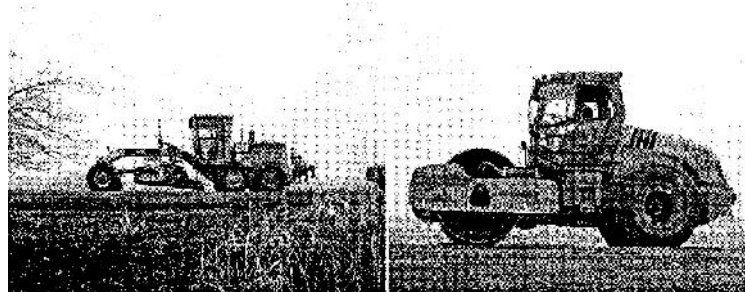
ცივი რეციკლირება შესაძლებელია განხორციელდეს ორი მეთოდით, კერძოდ:

1. საგზაო სამოსის ზედაპირული ფრეზირებით (რეციკლირება მცირე სიღრმეზე 5-10 სმ). ამ შემთხვევაში ხდება მხოლოდ იმ ფენის ფრეზირება, რომელიც შეიცავს ბიტუმინერალურ ნარევს.
2. ფრეზირება მთელ სიღრმეზე (ღრმა რეციკლირება 10-30 სმ სიღრმეზე), რომელიც მოიცავს, როგორც ბიტუმინერალური ნარევის შემცველ ფენებს, ასევე ღორღოვანი საფუძვლის ზედა ფენას.

საქართველოს მთავორიანი რელიეფის გათვალისწინებით განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა რეციკლირებას მთელ სიღრმეზე. ამ უკანასკნელი მეთოდის გამოყენებით ხდება საგზაო სამოსის ღორღის საფუძვლის ოპტიმიზაცია, რადგან მას ხშირ შემთხვევაში დაკარგული აქვს თავისი ძირითადი დანიშნულება – ფილტრაცია, რაც შესაბამისად ასახულია ასფალტბეტონის ფენილის ზედაპირზე, ბზარებისა და დეფორმაციების სახით.

ცივი რეციკლირების ტექნოლოგიური სქემის განხორციელების შემდეგ წარმოიქმნება მონოლითური ფენა სწორი ზედაპირით, ბზარებისა და დეფექტების გარეშე. მიღებული ზედაპირის ცვეთამდეგობის დაბალი მაჩვენებლის გამო მასზე აგებენ ასფალტბეტონის საფარის საცვეთ ფენას. ამ უკანასკნელის სისქე განისაზღვრება ინდივიდუალურად, გზის ტექნიკური კატეგორიის შესაბამისად. რეციკლირებული ნარევის გაშლა ხორციელდება გრეიდერით, რის შემდეგაც

დაუყოვნებლივ უნდა დაიწყოს დატყეპნა, შესაბამისი ვიბრაციული სატყეპნების გამოყენებით (სურ. №2).



სურ. №2. რეციკლირებული ნარევის გაშლის და დატყეპნის სქემა  
(მარცხნიდან I – გრეიდერი; II – ვიბრაციული სატყეპნი)

დატყეპნის შემდეგ, სამოსის ფენის ზედაპირი მოვლილი უნდა იქნას წყლის (ან ბიტუმის ემულსიის) მსუბუქად მოსხმით, რის შემდგომაც კვლავ უნდა გადაიტყეპნოს პნემატურ სალტეებიანი სატყეპნი საშუალებით, რათა შეიქმნას საფარი, შემჭიდროვებული ზედაპირით.

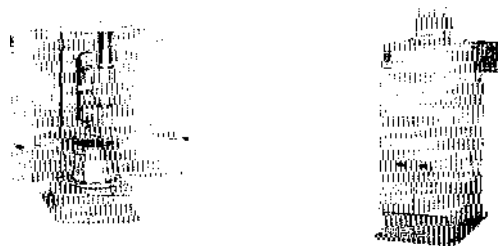
ცივი რეციკლირების ტექნოლოგიის სიახლის გამო დღეისათვის არ არსებობს ერთიანი ტექნიკური ნორმა, რომელიც დაგვეხმარებოდა გამოყენებული (ახალი და მეორადი) მასალების საანგარიშო მაჩვენებლების განსაზღვრაში.

## 2. ძირითადი ნაწილი

ცივი რეციკლირების ტექნოლოგიით რეაბილიტირებული საგზაო სამოსის ხარისხზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს შემკვრელის (ბიტუმის ემულსია ან ქაფბიტუმი) და მასში გამოყენებული ინერტული მასალების (ნაფრეზი გრანულატი და ღირღი) ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები.

რეციკლირებული ნარევის ჩონჩხის მაქსიმალური სიმკვრივე და ოპტიმალური ტენიანობა განისაზღვრება ლაბორატორიული მეთოდით, რეციკლირებისათვის საჭირო მასალებით ოპტიმალური ნარევის შერჩევის დროს.

ამ შემთხვევაში ნიმუშების დატყეპნა ხდება სათანადო ხელსაწყოთი – სიბიარის პროქტორის (CBR) საშუალებით (სურ. №3).



სურ. №3. სიბიარის პროქტორი (CBR)

რთი და იმავე რეცეპტით მომზადებული ნარევის გამკვრივებაზე დახარჯული მუშაობის გადიდებით ოპტიმალური ტენიანობა მცირდება, ხოლო ოპტიმალური სიმკვრივე კი იზრდება. ამ მოვლენას მხოლოდ გარკვეულ კონდიციამდე აქვს ადგილი. თავის მხრივ გამკვრივება ხდება პერიოდულად, შრეების სისქის ერთ მესამედზე. ამავე სისქეზე აწარმოებენ საერთო დარტყმათა რიცხვის ერთ მესამედ დარტყმებს.

-

«

»

დარტყმების შეწყვეტა ხდება მაშინ, როდესაც მიღებული მოცულობითი წონა წინა მოცულობითი წონისაგან განსხვავებული იქნება არაუმეტეს 0.3 გ/სმ<sup>3</sup>-ით.

ყოველი განსაზღვრის შემდეგ ხდება დაყალიბებული ნიმუშის გადატანა მეორე ფორმაში, სხვა რაოდენობის დარტყმებზე გამოსაცდელად.

გამკვრივების ძალად მიღებულია დარტყმათა ისეთი რიცხვი, რომელიც მოცულობითი წონის სტაბილიზაციის მომენტს შეესაბამება, რისთვისაც ყოველი ახალი დარტყმების დროს ხდება მოცულობითი წონის ხელახლა განსაზღვრა.

გატენიანებული და გამკვრივებული რეციკლირებული ნარევის მოცულობითი წონა განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$\delta = \frac{Q_1 + Q_2}{V} \quad (1)$$

სადაც:  $Q_1$  არის გამკვრივებ. ნიმუშისა და ცილინდრის სადგამის წონა, გრ;  $Q_2$  – ცილინდრის სადგამის წონა, გრ;  $V$  – მოცულობა, სმ<sup>3</sup>.

საცდელი რეციკლირებული ნარევისათვის საჭირო დარტყმათა რიცხვის განსაზღვრის შემდგომ ხდება მოცულობითი წონის განსაზღვრა. ამავდროულად ნარევის გამოცდის წინ ტენიანობას ვზრდით 2%-ის ოდენობით. დამატებული წყლის რაოდენობა განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$q = \frac{Q}{1 + W_1} (W - W_1) \quad (2)$$

სადაც:  $q$  არის დამატებული წყლის მოცულობა, გრ;  $Q$  – ნიმუშის წონა, გრ;  $W_1$  – ნარევის წონითი ტენიანობა ერთეულ ნაწილზე, %;  $W_2$  – ნარევის საწყისი ტენიანობა ერთეულ ნაწილზე, %.

ამის შემდეგ კვლავ ხდება გამოსაცდელ ნიმუშზე წყლის პროცენტული რაოდენობის გაზრდა, ნარევის არევა და დარტყმათა განსაზღვრული რიცხვის შედეგად გამკვრივებული გატენიანებული ნიმუშის მოცულობითი წონის განსაზღვრა.

ეს პროცესი მიმდინარეობს მანამ, სანამ ნიმუშის მოცულობითი წონა არ დაიწყებს შემცირებას. მიღებული შედეგები შეგვაქვს ცხრილში.

ჩვენი მაგალითის შემთხვევაში №1 ცხრილში შეტანილია რეციკლირებული ნარევის გამოცდის ხუთ საფეხურიანი ტესტის შედეგები, რის საფუძველზეც განსაზღვრულია ნარევის ოპტიმალური ტენიანობა (4.9 %) და ჩონჩხის მაქსიმალური სიმკვრივე (2.25 გ/სმ<sup>3</sup>).

ცხრილი №1

საწყისი ნიმუშის წონა, გრ.	მინერალური ნაწილაკების სიმკვრივე, გრ/სმ <sup>3</sup>				
20 მმ / 37,5 მმ საცერზე დარჩენილი რაოდენობა, %					
ტესტი №	1	2	3	4	5
ფორმის წონა + ძირი + გამკვრ. გრუნტი ( $m_2$ ) გრ	10740	10870	11132	11150	11180
ფორმის წონა + ძირი ( $m_1$ ) გრ	5680	5680	5680	5680	5680
გამკვრ. ნიმუშის წონა ( $m_2 + m_1$ ) გრ	5060	5190	5452	5470	5500
ბუნებრივი სიმკვრივე ( $\rho = \frac{m_2 - m_1}{V}$ ) გრ/სმ <sup>3</sup>	2.19	2.24	2.36	2.36	2.38
ოპტიმალური ტენიანობა ( $W_0$ ) %	1.9	3.7	4.9	6.9	9.4
ჩონჩხის სიმკვრივე ( $\rho_0 = \frac{P}{100 + W}$ ) გრ/სმ <sup>3</sup>	2.15	2.16	2.25	2.21	2.17

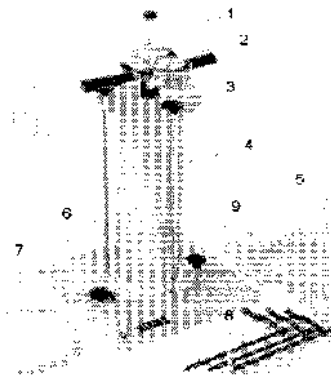
ლაბორატორიაში დაყალიბებული ნიმუშის ოპტიმალური ტენიანობის და ჩონჩხის მაქსიმალური სიმკვრივის მნიშვნელობებს ვწერთ ცხრილი №2-ის მე-6 და მე-7

სვეტებში. ამავე ცხრილის პირველ სვეტში მოცემული პიკეტური ადგილმდებარეობა აღებულია პირობითად.

ცხრილი №2

ნიმუშის აღების ადგილი	ამოღებული გრუნტის მოცულობა	ამოღებული გრუნტის წონა	გამომშრალი გრუნტის წონა	ტენიანობა	ოპტიმალური ტენიანობა	რეცეკლ. ნარევის ჩონჩხის მაქსიმალური სიმკვრივე	რეცეკლ. ნარევის ჩონჩხის ფაქტიური სიმკვრივე	ლატკეპნის კოეფიციენტი
პკ +	$V_0 - V_1$ სმ <sup>3</sup>	$m_1$ , გრ	$m_2$ , გრ	$W$ , %	$W_0$ , %	$\rho_0$ , გრ/სმ <sup>3</sup>	$\rho_1$ , გრ/სმ <sup>3</sup>	$K$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1+00	3 315	7 500	7 365	1.83	4.9	2.25	2.22	0.987
2+00	3 330	7 560	7 426	1.80	4.9	2.25	2.23	0.990
3+00	3 410	7 700	7 568	1.74	4.9	2.25	2.22	0.986

რეციკლირებული გზის საფარის დატკეპნის კოეფიციენტის განსაზღვრა შესაძლებელია მრავალი ხელსაწყოთი, თუმცა მათ შორის ერთ-ერთი გამორჩეული ადგილი უკავია ე.წ. ბალონურ ხელსაწვოს. მისი მოქმედების პრინციპი დგუშის სვლის ანალოგიურია და ლაბორატორიულ პირობებში შეგვიძლია მივიღოთ საველე პირობებთან მაქსიმალურად მიახლოებული მაჩვენებელი. ბალონური ხელსაწვოს მოდელი მოცემულია №4 სურათზე.



სურ. №4. ბალონური ხელსაწყო

ბალონური ხელსაწვოს შემადგენელი დეტალებია: 1 – წყლის ჩასასხმელი; 2 – წნევის საზომი; 3 – წყლის რაოდენობის საზომი შკალა; 4 – წყლის ავზი; 5 – წყლის რეზინის ბუშტი; 6 – ხელსაწვოს სადგამი; 7 – რგოლი; 8 – სამაგრები; 9 – დამჭერი.

რეციკლირებული ფენილის დატკეპნის კოეფიციენტის განსაზღვრისათვის ლაბორატორიაში მიღებული ოპტიმალური ტენიანობისა და ნარევის ჩონჩხის მაქსიმალური სიმკვრივის განსაზღვრის შემდეგ საჭიროა გავიგოთ ნარევის ფაქტიური სიმკვრივე. ამისათვის რეციკლირებული სამოსის ზედაპირიდან რგოლის მეშვეობით ვჭრით ორმოს 15 სმ სიღრმეზე და ვიღებთ რეციკლირებულ ნარევეს, შესაბამისად დატენიანებულ მდგომარეობაში ( $m_1$ , გრ) და მაშინვე ვწონით. აღნიშნულ ორმოზე ზემოდან ვამონტაჟებთ ბალონურ ხელსაწვოს, ვასხამთ წყალს და შემდეგ ვიგებთ ორმოს მოცულობას, ჩასული წყლის საწყისი და საბოლოო მონაცემის სხვაობის

-

«

»

საშუალებით ( $V_0 - V_1$  სმ<sup>3</sup>). ფაქტიური საველე სიმკვრივე განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$\rho = \frac{m_1}{V_0 - V_1} \quad (3)$$

სადაც:  $\rho$  არის ფაქტიური საველე სიმკვრივე, გ/სმ<sup>3</sup>;  $m_1$  – ტენიანი ნიმუშის წონა, გრ;  $V_0$  – წყლის საწყისი რაოდენობა, სმ<sup>3</sup>;  $V_1$  – წყლის საბოლოო რაოდენობა, სმ<sup>3</sup>;

ფაქტიურად მიღებული საველე სიმკვრივის მნიშვნელობა შეგვაქვს ცხრილი №2-ის მე-8 სვეტში. შემდეგ ვგებულობთ რეციკლირებული ნარევის ტენიანობას, მისი 24 სთ. ბუნებრივად გამომშრობის შემდეგ და შეგვაქვს ცხრილი №2-ის მე-5 სვეტში.

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} 100\% \quad (4)$$

სადაც:  $W$  არის რეციკლირებული ნარევის ტენიანობა, %;  $m_1$  – ტენიანი ნიმუშის წონა, გრ;  $m_2$  – გამომშრალი ნიმუშის წონა, გრ.

რეციკლირებული ნარევის ფაქტიური სიმკვრივე განისაზღვრება (3) და (4) ფორმულით განსაზღვრული მნიშვნელობების (5) ფორმულაში შეტანის შედეგად, კერძოდ:

$$\rho_1 = \frac{\rho}{100 + W} 100\% \quad (5)$$

სადაც:  $\rho_1$  არის რეციკლირებული ნარევის ფაქტიური სიმკვრივე, გრ/სმ<sup>3</sup>;  $\rho$  – საველე სიმკვრივე, გრ/სმ<sup>3</sup>;  $W$  – რეციკლირებული ნარევის ტენიანობა, %.

რეციკლირებული ნარევის დატკეპნის კოეფიციენტი განისაზღვრება ნარევის ფაქტიური სიმკვრივის ფარდობით ლაბორატორიაში დამზადებული ნიმუშის ჩონჩხის მაქსიმალური სიმკვრივის მნიშვნელობაზე, კერძოდ:

$$K = \frac{\rho_1}{\rho_2} 100\% \quad (6)$$

მიღებული მნიშვნელობა შეგვაქვს №2 ცხრილის მე-9 სვეტში. რეციკლირებული სამოსის დატკეპნის კოეფიციენტი საერთაშორისო ნორმების მოთხოვნით არ უნდა იყოს 0.98-ზე ნაკლები, ხოლო სამოსის ზედაპირზე საერთო დრეკადობის მოდული კი – არანაკლებ 220 მპა.

### 3. დასკვნა

ასფალტბეტონის ცივი რეციკლირების მეთოდს სხვა მეთოდებთან შედარებით ახასიათებს შემდეგი რიგი უპირატესობები, რაც გამოიხატება შემდგომში:

- არ საჭიროებს არსებული მოხსნილი მასალის გატანას და დასაწყობებას;
- შედარებით შემცირებულია ბიტუმის ხარჯის რაოდენობა;
- რეციკლირებულ ნარევეში სრულად გამოიყენება ძველი ინერტული მასალა.

ცივი რეციკლირებისათვის საჭირო ბიტუმის რაოდენობა და მისი კონცენტრაცია ემულსიაში უნდა შეირჩეს ლაბორატორიული გამოცდების საფუძველზე. რეციკლირებული ნარევის შემკვრელად ბიტუმის ემულსიის ნაცვლად შესაძლებელია გამოიყენებული იქნას აქაფებული ბიტუმი (ქაფბიტუმი), რადგანაც ის აადვილებს მინერალური ზედაპირის დასველებას და აუმჯობესებს ადგეზიას.

### ლიტერატურა

1. Wirtgen . 2- , 2006 . ISBN 3-936215-11-1, Wirtgen GmbH. Deutschland.



**ფრაქტალური არქიტექტურის პროპედევტიკის საკითხები**

**ზ. კიკნაძე, თ. ტაბატაძე**

**(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 0175 მ. კოსტავას 77,  
საქართველო, თბილისი)**

*რეზიუმე:* სამყაროს ფრაქტალური მოწყობის პრინციპის გაგება დღეისათვის ღრმად იჭრებასაქმიანობის მრავალ სფეროში, მათ შორის, როგორც არქიტექტურულ-სამშენებლო ობიექტების გარე სახის ფორმირებაში ასევე მათ შინაგან სტრუქტურულ ორგანიზაციაში. ქვეცნობიერის როლის მნიშვნელობის აღიარებასთან ერთად ემპირიულიდან თეორიული განზოგადებისკენ მიმართული ვექტორის - მეცნიერებიდან პრაქტიკისკენ შემობრუნებას უნდა ემსახურობოდეს ყველა მეთოდოლოგიურად გამართული სასწავლო პროგრამა. ფრაქტალური არქიტექტურულს პროპედევტიკაც სწორედ ამ პინციპს უნდა ემყარებოდეს.

*საკვანძო სიტყვები:* ფრაქტალი, არქიტექტურა, პროპედევტიკა, გეომეტრიული გარდაქმნები.

**1. შუსაგალი**

ვიდრე გადავწყვეტდით ფრაქტალური არქიტექტურის ზოგად თუ კერძო გამოვლენებში ქვეცნობიერის და ლოგიკურის ურთიერთმიმართების პრობლემებს, უპრიანია წინა პლანზე წამოვწიოთ ფრაქტალური არქიტექტურის პროპედევტიკური ასპექტები. ასეთი მოსაზრება გამოწვეულია როგორც რეაქცია ჩვენში განსახილველ საკითხებში არასაკმარის ინფორმირებულობაზე, როგორც სტუდენტ-ახალგაზრდობის, ასევე პრაქტიკოს სპეციალისტების წრეებში, რამდენადაც გასაკვირი არ უნდა იყოს დღევანდელი ინფორმაციის მოპოვებისთვის გახსნილ ეპოქაში. საუბარია სხვადასხვა ხასიათის ობიექტებისა და პროცესების (შესაბამისად არქიტექტურაში) ფრაქტალური მოწყობის გაგებისა და გეომეტრიული გარდაქმნების ფორმალური აპარატის გამოყენების მნიშვნელობაზე ფორმათწარმოქმნისა და კომპოზიციის შემეცნებით, შემოქმედებით და პროფესიონალური ინტერპრეტაციის შეფასების (ე.ი. კომუნიკაციის) პროცესში.

**2. ძირითადი ნაწილი**

სამყაროს ფრაქტალური მოწყობის პრინციპის გაგება დღეისათვის ღრმად იჭრება საქმიანობის მრავალ სფეროში, მათ შორის, როგორც არქიტექტურულ-სამშენებლო ობიექტების გარე სახის ფორმირებაში ასევე მათ შინაგან სტრუქტურულ ორგანიზაციაში. საკმაოდ მოარულია გამოთქმა, რომ ფრაქტალები „მეტყველებენ“ ბუნების ენით. ბუნება კი თავისთავად ყოველთვის ითვლებოდა არქიტექტურულ ფორმათ წარმოქმნის და კომპოზიციის შთაგონების პირველ წყაროდ. სხვადასხვა ეპოქის ხუროთმოძღვართა მიერ აღიარებული და პრაქტიკაში გამოცდილი პროპორციულობის, კონტრასტი და ნიუანსი ჰარმონიულობის, კომფორტულობის, სენსორი კი სიდეები ყოველთვის გამომდინარეობდნენ გარემოს თუ ცოცხალი ბუნების ასახვის (გარდასახვის) შედეგად. ამდენად გასაკვირი არ უნდა იყოს, რომ ფრაქტალური არქიტექტურის მოტივები მსოფლიოს არქიტექტურის პრაქტიკაში შეიძლება არსებულ იყოს ფრაქტალური პრინციპის დეკლარირებამდე მათემატიკაში. ამის თვალსაჩინო მაგალითია არქიტექტურა. გაუდის შესანიშნავი შემოქმედება. ხოლო მათემატიკოს ბ. მანდელბროტის მიერ მწყობრად და თვალსაჩინოდ ჩამოყალიბებული ფრაქტალური თეორიის (ბუნების ფრაქტალური გეომეტრია)

-

«

»

აღიარებას არ შეეძლო სტიმული არ მიეცა არქიტექტურული პრაქტიკისა (ცვიპაკერი) და მეთოდოლოგიისთვის. ამ შემთხვევაში საქმე გვაქვს ფრაქტალური არქიტექტურის გააზრებულ ფორმირებაზე, რომლის შედეგი იოლად საცნობია, რამდენადაც ეყრდნობა ისეთ დებულებებს, როგორცაა განზომილებათა „არაეკვიდურობა“, ობიექტის სტრუქტურული ერთეულებისთვის მსგავსება, ფორმათა გენერაციის დინამიკა, დისკრეტულობა, ფორმათწარმოქმნის შედარებით მარტივი რეკურენტული (მომდევნო ბიჯის წინაზე დამოკიდებულება) ალგორითმის იტერაციულობა (პროცესის ციკლური ხასიათი). მთარულია გამოთქმა, რომ ფრაქტალები „მეტყველებენ“ ბუნების ენით. ბუნება კი თავისთავად ყოველთვის ითვლებოდა არქიტექტურულ ფორმათწარმოქმნის და კომპოზიციის შთაგონების პირველწყაროდ. სხვადასხვა ეპოქის ხუროთმოძღვართა მიერ აღიარებული და პრაქტიკაში გამოცდილი პროპორციულობის, კონტრასტი და ნიუანსი ჰარმონიულობის, სენსორიკის იდეები ყოველთვის გამომდინარეობდნენ გარემოს თუ ცოცხალი ბუნების ასახვის (გარდასახვის) შედეგად. ამდენად გასაკვირი არ უნდა იყოს, რომ ფრაქტალური არქიტექტურის მოტივები მსოფლიოს არქიტექტურის პრაქტიკაში შეიძლება არსებულიყო ფრაქტალური პრინციპის დეკლარირებამდე. ამის თვალსაჩინო ილუსტრირებაა ინდოეთის საკულტო ნაგებობები, მსოფლიო არქიტექტურის მრავალი ისტორიული ძეგლი. მაგალითად: წმინდა ოჯახის ტაძარი ბარსელონაში, პარიზის ოპერის შენობა, საკათედრო ტაძარი მილანში, ვასილის ტაძარი მოსკოვში, წმინდა პეტრეს ტაძარი რომში, მუჰამედის მეჩეთი კაიროში, ტაძარი ხაჯურაჰო ინდოეთში და მრავალი სხვა. არც ქართული არქიტექტურის ნიმუშებია ამ მხრივ გამონაკლისი.

განსაკუთრებით აღვნიშნავთ, რომ მიუხედავად ქრონოლოგიური ასინქრონულობისა, შესანიშნავია გაუდისა და მანდელბროტის შემოქმედებით და მეცნიერული საქმიანობის პარალელები - პიროვნული თვისებების ინდივიდუალობა, განსაცვიფრებელი პროდუქტიულობისა და თავის სპეციალობაში ნოვატორობის, სამყაროს განზოგადოებული, მასშტაბური, პარადოქსალურად მსგავსი აღქმის ფენომენი. პირველ რიგში გამოყოფილ და განხილულ ა. გაუდის და ბ. მანდელბროტის გარდა ინტერესმოკლებული არ არის მათემატიკოსების: ლევი, უიული, ფატუ, სერპინსკი, მენგერი, კანტორი (სხვადასხვა კატეგორიის ფრაქტალების აღმოჩენა); კლანინი (გეომეტრიული გარდაქმნების ჯგუფების კვლევა); არქიტექტორების: ჰაკერი, ტიურინი, ხაზანოვი, ფიშერი და სხვ. (გააზრებული ფრაქტალური არქიტექტურა); სტუ-ს არქიტექტურული ფაკულტეტის, მათ შორის პროფესორების ფიფია, თევზაძე, მუჯირი (არქიტექტურული კომპოზიციის სწავლებაში ემპირიულიდან თეორიულიაკენ განზოგადოების პარადიგმა) მონაწილეობის ხარისხი ჩვენთვის საინტერესო სფეროში.

არქიტექტურის ნიმუშების (ურბანული განვითარების ობიექტების) ფრაქტალური გეომეტრიის ასპექტში სპეციფიკურ ანალიზზე და ფორმათწარმოქმნის და კომპოზიციის ამ ყოველის მომცველი პრინციპის მნიშვნელობის აქცენტირებაზე ორიენტირებული წინამდებარე სადოქტორო ნაშრომი - „ფრაქტალური არქიტექტურა - ლოგიკური თუ ქვეცნობიერი (გაუდის ფენომენი)“. ამავე დროს, ფრაქტალური გეომეტრიის დებულებები, ინტერპრეტირებული იქნება, როგორც ტრადიციულ, არქიტექტორებისთვის და ასევე ფართე საზოგადოებისთვის გასაგებ ცნებებით და კატეგორიებით, ასევე გეომეტრიული გარდაქმნების თვალსაჩინო, მაგრამ გონივრულ ფარგლებში, მათემატიკურად მკაცრ ფორმალისმით. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ბ. მანდელბროტის მონოგრაფია „ბუნების ფრაქტალური

-

«

»

გეომეტრია“ არქიტექტორისთვის არ იყო დაწერილი. ვფიქრობთ, რომ გეომეტრიული გარდაქმნების პოპულარულ ჯგუფების (ეკელიდური, მსგავსობის, აფინური, პროექციული და ა.შ. ტოპოლოგიურამდე) ინვარიანტულობის ხარისხის რანჟირება ადეკვატურად გამოხატავს ფორმათწარმოქმნის ალგორითმის „გაძლიერების“ ტენდენციას, იძლევა მასთან დაკავშირებული მეთოდიკური და ტექნოლოგიური საკითხების ახსნას და ქმნის ფრაქტალის სტრუქტურის განვითარების (გართულების) თვალსაჩინო პარალელებს (ასოციაციებს) და, რაც მთავარია, მეთოდოლოგიურ საფუძველს.

ქვეცნობიერის როლის მნიშვნელობის აღიარებასთან ერთად ემპირიულიდან თეორიული განზოგადებისკენ მიმართული ვექტორის - მეცნიერებიდან პრაქტიკისკენ შემობრუნებას უნდა ემსახურებოდეს ყველა მეთოდოლოგიურად გამართული სასწავლო პროგრამა. ფრაქტალური არქიტექტურულს პროპედევტიკა სწორედ ამ პინციპს უნდა ემყარებოდეს. გამოსახულებათა ზოგადი თეორიის, გეომეტრიული გარდაქმნების ფორმალური აპარატის, ფრაქტალური გეომეტრიის ინსტრუმენტების გამოყენებას აღტერნატივა არა აქვს.

ფრაქტალური სტრუქტურები სამყაროში კოსმიურიდან ნუკლიარულ დონემდე, მაკრო და მიკრო სამყაროში დომინანტურ რეალობას წარმოადგენენ! ღრუბლები, მთაგრეხილები, კანიონები, მდინარეები, კონტინენტების, წყალსაცავების, სახელმწიფოების სასაზღვრო ზოლები, სხვადასხვა გეოფიზიკური თუ კლიმატური ზემოქმედების შედეგები ცოცხალი მცენარეები, ცოცხალი ორგანიზმები და მათი ნაწილები, როგორც წესი ფრაქტალურია. ასევე ფრაქტალური სტრუქტურის ნიშნებით ხასიათდება ადამიანის საქმიანობით მიღებული შედეგები.

ნებისმიერი განაშენიანების ურბანული ქსოვილი თავისი სისტემური იერარქიულობის გამო ფრაქტალურ სტრუქტურას წარმოადგენს. ნაშრომში მოყვანილი მაგალითები ასეთი სტრუქტურებისაა. „სასურველი“ რეგულარული წყობისადა სხვადასხვა ხასიათის ქაოტიური ზემოქმედების შედეგად ყალიბდება რეალური ქალაქები, აგლომერაციები თუ უფრო მცირე განსახლების ობიექტები. ფრაქტალური ხედვა და ქაოსის თეორია თანამედროვე კვლევისა და პროგნოზირების თანამედროვე ინსტრუმენტად გვევლინება. (მაგ. მ. ახოზაძის ნაშრომები).

ყველაზე უფრო თვალსაჩინოა შენობა ნაგებობების კონსტრუქციული სქემისა და ფასადის დანაწევრების ფრაქტალური მოტივები. ისტორიულად ფრაქტალური არქიტექტურა სწორედ ამ იერარქიულ დონეზე განიხილებოდა.

გასული საუკუნის 70-იან წლებში არქიტექტურული ბიონიკის ფორმათწარმოქმნის აღიარებული როლი სხვა არაფერია, თუ არა ფრაქტალური არქიტექტურის ერთ ერთი მიმართულებლს გამოვლენა.

არქიტექტურულ მელიზმებად ჩვენ მოვხატლეთ ისტორიულად კარგად შესწავლილი არქიტექტურული ორნამენტები და თანამედროვე ტექნოლოგიებთან დაკავშირებული სინათლის ეფექტები და ინსტალაციები. აღსანიშნავია და ერთგვარად მოულოდნელიც, რომ არარეგულარულ სისტემებსა დაქაოსის თეორიაში ორნამენტებმა და სივრცისა და სიბრტყის დაყოფის, კერძოდ მრავალღერძიანი სიმეტრიის გამოვლინებებმა ერთ-ერთი წამყვანი ადგილი დაიკავა.

როგორც ცნობილია, კომპიუტერული გრაფიკის განვითარების გარეშე, ფრაქტალური გეომეტრიის პოპულარიზაცია და თვალსაჩინო ინტერპრეტაცია შეუძლებელი იქნებოდა. თავის მხრივ ფრაქტალურმა გეომეტრიამ კომპიუტერული გრაფიკის ახალი დარგი შექმნა- ეგრეთ წოდებული ფრაქტალური გრაფიკა. თუ

-

«

»

რასტრული გრაფიკა ფერადი პიქსელების მოზაიკის ციფრულ დაფიქსირებად შეიძლება ჩავთვალოთ, ვექტორული გრაფიკა კი გეომეტრიული ფიგურების - პრიმიტივების პარამეტრულ აღწერად გვევლინება, ფრაქტალური გრაფიკა გეომეტრიული გარდაქმნების კატეგორიებზე დამყარებული ქვეპროგრამების იტერაციულად გამოყენების ღირსშესანიშნავი ინსტრუმენტია, ენერჯის, დროისა და სხვა რესურსის მაქსიმალურად დაზოგვის საშუალებაა.

შეიძლება შევთანხმდეთ, რომ მხედველობითი ასოციაციები არის ფრაქტალური არქიტექტურის ცნობადობის ძირითადი ფაქტორი. მაგრამ სინამდვილეში, სტრუქტურული აგებულება არის ძირითადი განმსაზღვრავი პრიციპი. კვლევის ამ ფრაგმენტში გვინდა ხაზი გაუსვათ სტრუქტურების, მათი საზღვრების ზომის, სიდიდის და განზომილების ურთიერთ დამოკიდებულებას, რასაც მივყავართ ობიექტების უჩვეულო, არამთელ რიცხვთა წილად განზომილებამდე. ჩვენ განვიხილეთ ფრაქტალის განმარტების მრავალი ვარიანტი, რომელიც მეტწილად ავტორის ერუდიციასა და ინტერესის სფეროს გამოავლენს, მაგრამ თვით მანდელბროტისეული ფრაქტალის განმარტება ასეთია: „ფრაქტალი არის სიმრავლე, რომლის ჰაუსდორფული განზომილება მეტია მის ტოპოლოგიურ განზომილებაზე (მაგ. ბრიტანეთის ზღვისპირა საზღვრის განზომილება არის 1.3). ასეთი სახის მიდგომა დამსახურებულ ადგილს მოიპოვებს ფრაქტალური სტრუქტურების, კერძოდ ურბანული ტერიტორიების მახასიათებლებს შორის.

რადგანაც არქიტექტურული საქმიანობის ძირითადი დანიშნულება არის გარემოს გამოწვევების არა მხოლოდ ენერგეტიკული) ადეკვატური პასუხი, ჩვენი ინტერესის სფეროშია ამ პრობლემის შემდეგი ასპექტები:

- შემეცნებითი ასპექტი - გარემოს გამოწვევების თვალსაჩინო ასახვა;
- ამ ზემოქმედებაზე გეომეტრიული ფორმათწარმოქმნის ინსტრუმენტარის მეშვეობით ადეკვატური ინჟინრულ-დიზაინერული პასუხი.
- გეომეტრიული მოდელირების შედეგების რეალისტური ილუსტრირება (ფოტორეალისტური ვიზუალიზაცია, დისპლეური პროცესები).

ქაოსი არქიტექტურასა და ქალაქგეგმარებაში განიხილება როგორც თვითნამოყალიბების შედეგი განვითარების გარკვეულ ეტაპზე, რომელიც უნდა მოერგოს ახალ წესრიგს.

ჩვენი შეხედულებით სტრუქტურულად და თანმიმდევრობით ფრაქტალური არქიტექტურის პროპედევტიკა უნდა მოიცავდეს შემდეგ საკითხებს:

- ფრაქტალური არქიტექტურის იდენტიფიკაცია
- ისტორიული ასპექტი
- გაუდისა და მანდელბროტის შემოქმედებითი და მეცნიერული საქმიანობის პარალელები
- პერსონალია
- გეომეტრიული გარდაქმნებიდან ფრაქტალურ გეომეტრიაში
- ფრაქტალური გეომეტრია და არქიტექტურული პროპედევტიკა
- ფრაქტალური სტრუქტურები სამყაროში
- ფრაქტალური სტრუქტურები ქალაქმშენებლობაში
- ფრაქტალური სტრუქტურები შენობა-ნაგებობებში
- არქიტექტურული ბიონიკა
- ფრაქტალური მელიზმები და ინსტალაციები არქიტექტურაში
- ფრაქტალური კომპიუტერული გრაფიკა
- ოპტიკური ასოციაციები თუ ახლებური განზომილებები არქიტექტურაში

-

«

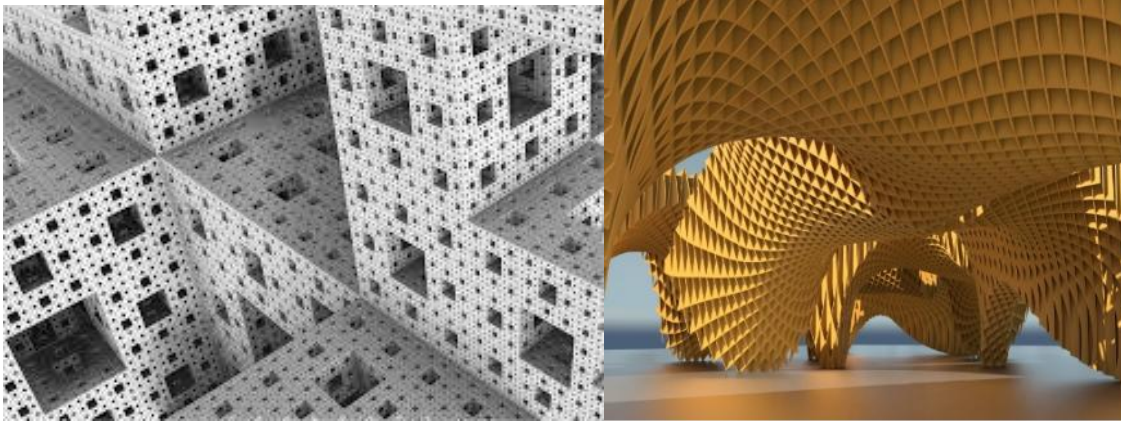
»

- შემეცნებითი, კრეატიული და კომუნიკაციური ასპექტები არქიტექტურაში
  - ქაოსი - წესრიგი, ქვეცნობიერი - ლოგიკური არქიტექტურაში
- ემოთავაზებული ინტერპრეტაცია ორიენტირებულია არქიტექტურისა და დიზაინის პრობლემების ახლებურად გააზრებასა და მათი მოდელირების ერთიანი სისტემური მიდგომის ჩამოყალიბებაზე.

### 3. ღასკვნა

ფრაქტალი არაფერია თუ არა გეომეტრიული ფიგურების (პრიმიტივების) ელემენტარული გარდაქმნის ოპერაციების (გადატანა, ბრუნვა, მასშტაბირება) განსაზღვრული თანმიმდევრობით გენერირებული კომპოზიცია, რაც რეკურენტული ალგორითმის იტერაციული განმეორებით მიიღწევა.

აქ დასამატებელიც აღარაფერია, თუ ტერმინები და სიტყვათ შეთანხმებები გაგებულნი იქნება სპეციალური მნიშვნელობით. სწორედ ეს „სპეციალური“ გაგებაა წინამდებარე ნაშრომში განხილვისა და პოპულარიზაციის სტიმული და, რაც მთავარია, არქიტექტურული პროპედევტიკას საგანი.



ლიტერატურა

1. . . . . , 2002,
2. . . . . , 1990.
3. . . . . « . . . . . » . . . . . , 1984.
4. Fractals: Form, Chance and Dimension, by Benoît Mandelbrot; W H Freeman and Co, 1977; ISBN 0-7167-0473-0
5. Ivry, Benjamin. "[Benoit Mandelbrot Influenced Art and Mathematics](#)", Forward, 17 November 2012
6. Devaney, Robert L. (2004). "[Mandelbrot's Vision for Mathematics](#)" in [Proceedings of Symposia in Pure Mathematics. Volume 72.1](#)" (PDF). American Mathematical Society. Retrieved 5 January 2007. <sup>[[dead link](#)]</sup>
7. Jersey, Bill (24 April 2005). "[A Radical Mind](#)". Hunting the Hidden Dimension. NOVA/ PBS. Retrieved 20 August 2009.
8. Galaxy Map Hints at Fractal Universe, by Amanda Geffer; New Scientist; 25 June 2008
9. ზ. კიკნაძე, თ. ტაბატაძე. „ფრაქტალური არქიტექტურა - ქვეცნობიერი თუ ლოგიკური“. „ბიზნეს-ინჟინერინგი“, ყოველკვარტალური რეფერირებადი და რეცენზირებადი სამეცნიერო ჟურნალი. 2. 1915. გვ.127-130.
10. თ. ტაბატაძე. „შემოქმედებითი და მეცნიერული ხედვის პარალელები ანტონიო გაუდის და ბენუს მანდელბროტის მოღვაწეობაში“. „მშენებლობა“. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი. 3(38) 2015. . გვ.93-96.

მშენებლობის პროცესში წარმოჭრილი ბრუნტის გამაგრების  
პრობლემების ტექნოლოგიური გადაწყვეტა

0. ქვარაია

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ.კოსტავას ქ.№77, 0175, თბილისი,  
საქართველო)

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია მშენებლობის პროცესში წარმოჭრილი გრუნტის გამაგრების პრობლემის გადაწყვეტის ღონისძიებები. განსაკუთრებით რთულია მათი განხორციელება შენობის გარკვეული ნაწილის აგების შემდეგ, როდესაც იცვლება საპროექტო დოკუმენტაცია და სამუშაოთა შესრულების ტექნოლოგია, იზრდება მშენებლობისთვის განკუთვნილი ხარჯები და ვადები.

**საკვანძო სიტყვები:** გრუნტი, ბეტონი, რკინაბეტონი, ხიმინჯი, კედელი, საძირკველი, გამაგრება, არმატურა, როსტვერკი.

1. შესავალი

შენობა-ნაგებობების პროექტირების დროს, ძალზე დიდი მნიშვნელობა აქვს საინჟინერო-გეოლოგიური საძიებო სამუშაოების შედეგად განსაზღვრული გრუნტის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების სისწორეს. აღნიშნულ მონაცემებზე დაყრდნობით ხორციელდება საძირკველის და მთელი შენობის გაანგარიშება. მიუხედავად ამ საკითხისადმი განსაკუთრებული ყურადღებისა, მშენებლობის პროცესში შეიძლება, სხვადასხვა მიზეზების გამო მოულოდნელად წარმოიშვას გრუნტის გამაგრების აუცილებლობა, რასაც შედეგად მოსდევს ახალი საპროექტო გადაწყვეტილების მიღება და კონსტრუქციული ნაწილის გადაანგარიშება. ფულადი და შრომითი დანახარჯების გაუთვალისწინებელ და საკმაოდ მნიშვნელოვან ზრდასთან ერთად ამ დროს ხშირად ადგილი აქვს სამშენებლო პროცესების წარმოების გართულებას და მშენებლობის ვადების გაჭიანურებას. აღნიშნულის საილუსტრაციოდ მოყვანილია თბილისში მახათას მთაზე სამონასტრო კომპლექსის კოლონადის მშენებლობისას წარმოჭრილი გრუნტის გამაგრების პრობლემის პრაქტიკული გადაწყვეტის მაგალითი.

2. ძირითადი ნაწილი

კარიბჭის მშენებლობის დროს განხორციელდა მის მარცხნივ მდებარე რკინაბეტონის თაღებიანი კოლონადის კარკასის მოწყობის სამუშაოები ლენტეური საძირკველის გამოყენებით. პროექტის მიხედვით ზუსტად ანალოგიურად უნდა მომხარყო მარჯვენა კოლონადის მშენებლობა, მაგრამ მიწის სამუშაოების დაწყებისთანავე გაირკვა, რომ გრუნტის მზიდუნარიანობა ამ ნაწილში არასაკმარისი იყო და ის სერიოზულ გამაგრებას მოითხოვდა. ნაყარი გრუნტის გამაგრებისათვის გადაწყდა მიმდებარე ტერიტორიაზე მძლავრი რკინაბეტონის საყრდენი კედლის მოწყობა და კოლონადის საძირკველად 10-12მ სიგრძის, 40სმ დიამეტრის მქონე შეწყვილებული, ბურღტენილი ხიმინჯების გამოყენება. შესაბამისად მოხდა პროექტის გადაანგარიშება და რადიკალურად შეიცვალა ამ ნაგებობის მოწყობის ტექნოლოგიური პროცესი, რამაც სრულიად გაუთვალისწინებელი და საკმაოდ სოლიდური დანახარჯები გამოიწვია.

პირველ რიგში ნაყარი გრუნტის საზღვარზე დაიწყო რკინაბეტონის მძლავრი საყრდენი კედლის აგება (ნახ.1.) ისე, რომ კოლონადის ნაგებობის ბოლო სექცია ზუსტად აღნიშნული კედლის შუაზე ყოფილიყო ორიენტირებული და აღნიშნულ

კედელს გრუნტის გამაგრებასთან ერთად კოლონადის უკანასკნელი კონსტრუქციული ნაწილის საყრდენის ფუნქციაც შეესრულებინა.

სიმაღლეში, საყრდენი კედლის გარკვეული ნაწილის აგების შემდეგ ხდებოდა მისი კედლების პიდროსაიზოლაციო მასტიკით დაფარვა და გრუნტით შევსება ისე, რომ უკვე ამ დონიდან წარმართულიყო სარდენი კედლის არმირება და



ნახ.1 რკინაბეტონის საყრდენი კედლის აგების პროცესი



ნახ.2. კოლონადის საძირკველის მოწყობა და მისი მიერთება საყრდენ კედელთან



ნახ.3. საყრდენი კედელი და კოლონადა დასრულებული სახით

დაყალიბება. კედლის საპროექტო ნიშნულის მიღწევის შემდეგ დაიწყო კოლონადის ბურღტენილი ხიმინჯების მოწყობა, რომლებიც როსტვერკის საშუალებით და საყრდენ კედლთან გადამბის შედეგად გაერთიანდნენ ერთ მთლიან სისტემაში (ნახ.2). დასრულებული საყრდენი კედელი და კოლონადა ნაჩვენებია ნახ.3-ზე.

### 3. ღასკვნა

1. მშენებლობის პროცესში წამოჭრილი გრუნტის გამაგრების პრობლემა ძალზე არასახარბიელო მოვლენაა, რომელიც დაკავშირებულია მშენებლობის ხარჯების სრულიად გაუთვალისწინებელ, საკმაოდ მნიშვნელოვან ზრდასთან და სამშენებლო ტექნოლოგიური პროცესების რადიკალურ ცვლილებებთან. აღნიშნული სირთულეების ასაცილებლად, აუცილებელია დაპროექტების სტადიაზე საინჟინრო-გეოლოგიური საძიებო სამუშაოების შედეგების რამდენჯერმე გადამოწმება, სხვადასხვა სპეციალისტების მოწვევით.

### ლიტერატურა

1. ი.ქვარაია. სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ტექნოლოგია. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. 2005. 100გვ.
2. ი.ქვარაია, თ.თავაძე. გრუნტების გამაგრების ტექნოლოგიური თავისებურებები შენობა-ნაგებობების რეკონსტრუქციის დროს. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “მშენებლობა”. 2(25), 2012. გვ.68-71.



თანამედროვე ქარის ენერგეტიკის  
 ტექნოლოგიური ღონე.  
 ა. ახვლედიანი, ა. ბობოლაძე, ბ. ახვლედიანი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 0175 მ. კოსტავას 77,  
 საქართველო, თბილისი)

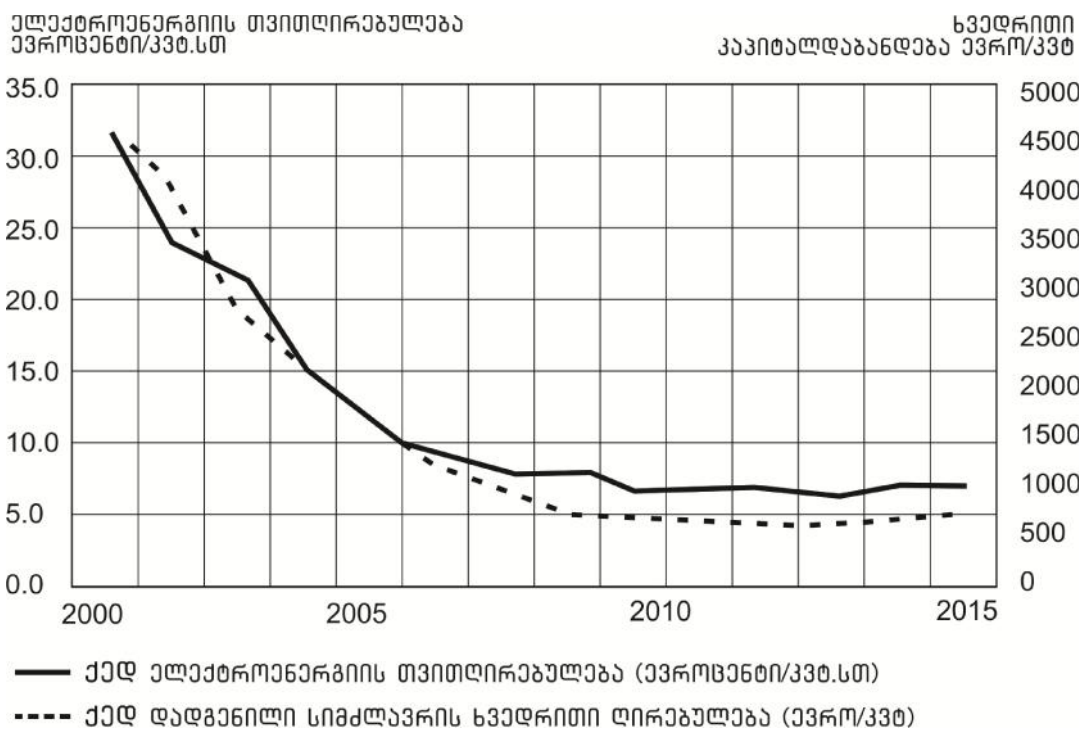
**რეზიუმე:** ქარის ენერგეტიკამ 2000-2015 წ.წ. განიცადა საგრძნობი წინსვლა კერძოდ, ელექტროენერჯის თვითღირებულება ევროცენტრ/კვტ.სთ. შემცირდა 35.0-6.0 ევროცენტრამდე და ხვედრითი კაპიტალდაბანდება ევრო/კვტ შეიცვალა 5000-1000 მდე ეს კი გავლევს საშუალებას დაგასკვნათ, რომ ქარის ენერგეტიკა ამჟამად უწევს კონკურენციას ტრადიციულ ენერგეტიკას.  
**საკვანძო სიტყვები:** ქარის ენერგეტიკა.

1. შესავალი

ბოლო 20 წლის განმავლობაში ქედ (ქარის ელექტრო დანადგარი) – ის ქარის ბორბლის დიამეტრი 20 მეტრიდან და 25-30 მ. კოშკის სიმაღლიდან „გაიზარდა“ 126 მ. დიამეტრამდე და 200 მ. კოშკის სიმაღლემდე. 2016 წლისთვის სიმძლავრე კი გაიზარდა 5.0 – 6.0 მგვტ. ამ დე.

2. ძირითადი ნაწილი

მსოფლიოში 2015 წლისთვის ქედ-ს დადგენილი ჯამური სიმძლავრის 40%-დე მოდის ქედ - 1,5-3,6 მგვტ. ოდენობის ერთეულ სიმძლავრეზე.



-

«

»

ამჟამად, სერიული ქედ -ს რესურსმა მიაღწია 120 000 საათს, ან 20 წელს, 11-13 წლის მუშაობის ერთი კაპრემონტის პირობებში. ახალ ქედ-ზე წამყვანი მწარმოებლების გარანტია შეადგენს 2 წელს, „second hand“ ქედ-ზე - 1 წელს.

ENERGON, GAMESA, VESTAS კომპანიების მონაცემებით შრომის დანახარჯები წარმოებაზე, მიწოდებაზე, დაყენებაზე, ქსელის მიერთებაზე და ქედ-ს გაშვებაზე ნომინალური სიმძლავრის 1 მეგტ-ზე მერყეობს 12-დან 22 ადამ. / წლ.

მწარმოებლების მონაცემებით ბოლო თაობების ქედ-ს მომსახურება შეადგენს დაახლოებით 40 საათს წელიწადში. კონტროლი თანამედროვე ქედ -ს მუშაობაზე ხორციელდება დისტანციურად, სარეგლამენტო სამუშაოს აწარმოებენ მობილური ბრიგადები: 1 სპეციალისტი 10-15 ქედ-ზე, მუშაობის პირველ 5-7 წ.

ტექნოლოგიების განვითარების, ქედ-ს ზომების და მათი კომპლექსების გამაღვლების წყალობით და ქედ-ს განთავსებით ქარის მაღალი პოტენციალის მქონე ადგილებში, მათი ნომინალური სიმძლავრის გამოყენების კოეფიციენტი შეადგენს 24-25%, ხოლო 2016-2018 წლებისთვის იგეგმება მისი მნიშვნელობის მიღწევა 28%-დე.

თანამედროვე ქედ უმაღლეს ეფექტიანობას აღწევს მრავალაგრეგატიან ქედ-ს შემადგენლობაში მათი ოპტიმალური განთავსების პირობებში (ქარის მიმართულებისა და ადგილის ტოპოგრაფიის გათვალისწინებით).

თანამედროვე ქეს (ქარის ელექტრო სადგური)-ს დადგენილი სიმძლავრე აღწევს 300 მეგავატს. ელექტრული ქსელების ტექნიკური მდგომარეობის, ენერგეტიკულ სისტემებზე ქედ-ს დასაშვები დატვირთვის, მათი დაყენების ოპტიმალური ადგილის შერჩევის გათვალისწინებით, ამჟამად ყველაზე ეფექტიანია ქეს 30-50 მეგტ ჯამური სიმძლავრით.

თანამედროვე ქარის ენერგეტიკის პერსპექტიულ მსხვილმასშტაბურ მიმართულებას წარმოადგენს ოფშორული ქეს, რომელიც ფუნქციონირებს ზღვის შეღვზე. ოფშორული ქეს ნომინალური სიმძლავრე აღწევს 400 მეგტ საბაზო ქედ-ს არანაკლები 2 მეგტ ერთეული სიმძლავრის შემთხვევაში. ეკონომიკური კრიტერიუმების მიხედვით (წყალქვეშა ენერგოკომუნიკაციების, საძირკვლისა და ქედ -ს მონტაჟის სიძვირე) რენტაბელურია ქედ-ბი, რომლებიც აგებულია ნაპირიდან 40 კმ მანძილზე და შეღვის არა უმეტეს 35 მ. სიღრმეზე.

ოფშორული ქეს-ს ძირითადი პოლიგონებია - ბალტიის, ჩრდილოეთის და ნორვეგიის ზღვები, შეფასებით მათი ჯამური გამომუშავება აღემატება ევროპის ენერგეტიკულ მოთხოვნებს. ოფშორული ქარის ენერგეტიკის ლიდერები არიან - გერმანია, დანია და ესპანეთი.

ქედ-ს სასარგებლო მნიშვნელოვან არგუმენტს წარმოადგენს მათ მიერ წარმოებული ელექტროენერჯის ეკოლოგიურობა. 1 მეგტის მქონე ნომინალური სიმძლავრის შემთხვევაში ქედ-ს გამოყენება იძლევა შესაძლებლობას 2000 ტ. შეამციროს ნახშირორქანის, 5 ტ. - ნახშირბადის, 13 ტ. - გოგირდის დიოქსიდის, 1 ტონამდე - მტვერის წლიური ემისია.

ქედ-ს მნიშვნელოვან უპირატესობას ტრადიციულ ელექტროსადგურებთან შედარებით წარმოადგენს მათი სიმძლავრეების სწრაფი შეყვანა და ქედ შესაძლებლობების მატება მოდულური სქემის მიხედვით. მრავალაგრეგატიანი ქედ -ს აგების დროს მათ შემადგენლობაში მეგავატიანი სიმძლავრის მქონე ქედ-ს მონტაჟი საძირკვლის არსებობის შემთხვევაში ხორციელდება სიჩქარით - 1-თის დაყენება 2-3 დღეში.

### 3. დასკვნა

სატატიაში მოცემული გრაფიკი გაეძღვეს საშუალებას დაესაკვანთ, რომ 2000-2015 წწ ქარის ენერგეტიკამ განიცადა საგრძნობი წინსვლა კერძოდ, ელექტროენერჯის თვითღირებულება ევროცენტი/კვტ. სთ. შემცირდა 35.0-6.0 ევროცენტამდე და ხვედრითი კაპიტალდაბანდება ევრო/კვტ შეიცვალა 5000-1000 მდე ეს კი გვაძლევს საშუალებას დავასკვნათ, რომ ქარის ენერგეტიკა ამჟამად უწევს კონკურენციას ტრადიციულ ენერგეტიკას.

### ლიტერატურა

1. . . . . \| « . . . . . », 2004 3
2. Heinz Schulz. “Kleine Windkraftanlage” Technik. Erfahrungen. Mebergebnisse. Okobuch Verlag Staufen, 1993.
3. [www.elektropribor.spb.ru/rufrset](http://www.elektropribor.spb.ru/rufrset).
4. გ. ახვლედიანი, ა. გოგოლაძე. “Ветроэнергетические установки (ВЭУ) (технология прошлое настоящее). სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “მშენებლობა” №4(35), 2014წ.

**ცემენტის ფუძიანი კომპოზიტების ძაბვების და დეფორმაციებს შორის დამოკიდებულების, სხვადასხვა ცოცვადობის ბირთვები და მათ შორის კავშირების გამოსახულებების დადგენა**

ა. საყვარელიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 77, 0175 თბილისი საქართველო.)

**რეზიუმე:** დადგენილია იზოტროპული, კომპოზიციური მასალების (სხვადასხვა სახის მძიმე ბეტონები) ძაბვებსა და დეფორმაციებს შორის კავშირის ამსახველი უნივერსალური გამოსახულება. ნახვენებია, რომ გამოსახულებაში უმთავრესია სხვადასხვა სახის ცოცვადობის ბირთვების განსაზღვრის ამოცანები. მოცემულია ცოცვადობის ბირთვების (კუმშვა-გაჭიმვის, ძვრის და მოცულობითი) განსაზღვრის მეთოდები და ფორმულები. შესწავლილია და დადგენილია სხვადასხვა ცოცვადობის ბირთვებს შორის კავშირების ამსახველი გამოსახულებები.

**საკვანძო სიტყვები:** კომპოზიციური მასალები, ძაბვა, დეფორმაცია, კუმშვა-გაჭიმვის ცოცვადობის ბირთვი, ძვრის მოდული, ძვრის ცოცვადობის ბირთვი, მოცულობითი კუმშვის კოეფიციენტი, პუასონის კოეფიციენტი.

**1. შესავალი**

გამოკვლევის მიზანია: დაადგინოს ცემენტის ფუძიან სამშენებლო კომპოზიტების სხვადასხვა სახის დატვირთვებისას ძაბვებსა და დეფორმაციებს შორის კავშირის აღმწერი უნივერსალური გამოსახულება, განსაზღვროს მასალების სხვადასხვა სახის(კუმშვა-გაჭიმვის, ძვრის, მოცულობითი) ცოცვადობის ბირთვები, დაადგინოს სხვადასხვა ცოცვადობის ბირთვებს შორის კავშირის ამსახველი ფორმულები.

**2. ძირითადი ნაწილი**

ცემენტის ფუძიანი კომპოზიტები (სხვადასხვა სახის მძიმე ბეტონები) შეიძლება განვიხილოთ როგორც იზოტროპული მასალები /1,2,3 /. კომპოზიტების ცოცვადობასა და ძაბვებს შორის კავშირი გაჭიმვისა და გრეხისას წრფივია დატვირთვის მთელ დიაპაზონზე, ხოლო კუმშვისას ეს კავშირი წრფივია მრღვევი დატვირთვის 0,4-მდე /1,2,3,4/ აღსანიშნავია, რომ მომქმედი ნორმატიული დოკუმენტები ითვალისწინებს კუმშვისას ბეტონების ცოცვადობის განსაზღვრას 0,3 მრღვევი დატვირთვის დროს ე.ი. წრფივ არეში.

აქედან გამომდინარე იზოტროპული მასალებისათვის, წრფივ არეში კავშირი ძაბვებს, დეფორმაციებსა და დროს შორის (მუდმივი ტემპერატურისა და ტენზიმეცველობისას) გამოისახება უნივერსალური ფორმულით:

$$v_{ij}(t) = \int_0^t \Pi(t, \tau) d\tau + u_{ij} \int_0^t \left[ \frac{1}{3} \Pi_1(t, \tau) - \Pi(t, \tau) \right] d\tau \quad (1)$$

სადაც:  $\Pi(t, \xi)$  – ძვრის ცოცვადობის ბირთვია;  $\Pi_1(t, \xi)$  – მოცულობითი ცოცვადობის ბირთვია;  $t$  – დრო, აითვლება ნიშნების დამზადების მომანტიდან ( $t=0$ );  $\xi$  - დროის ნებისმიერი მომენტი ინტერვალში  $0 \leq \xi \leq t$ ;  $\sigma_{ij}$  – ძაბვები და  $\epsilon_{ij}$  – დეფორმაციები მომენტამდე  $\xi=t_0$  უდრის ნულს, ამიტომ  $t_0$  არის ასაკი დატვირთვის მოდების მომენტისათვის.

$$v_{ij} \begin{cases} = 0 & \text{როცა } t < t_0; \\ \neq 0 & \text{როცა } t \geq t_0 \end{cases} \quad \tau_{ij} \begin{cases} = 0 & \text{როცა } t < t_0; \\ \neq 0 & \text{როცა } t \geq t_0 \end{cases} \quad i,j=1,2,3$$

$$\tau = \frac{\tau_{11} + \tau_{22} + \tau_{33}}{3}$$

საშუალო ჰიდროსტატიკური წნევა;

დიჯ- ერთეულოვანი ტენზორი – კრონეკერის სიმბოლო;

-

«

»

$$u_{ij} \begin{cases} = 1, \text{ როცა } i = j; \\ = 0, \text{ როცა } i \neq j \end{cases}$$

მარტივი (ერთ ღერძა) კუმშვა-გაჭიმვისას გვაქვს:

$$\tau_{11} \neq 0, \quad (\tau_{ij})_{ij \neq 11} = 0$$

$$(v_{11}, v_{22}, v_{33}) \neq 0; \quad \tau = \frac{\tau_{11}}{3}; \quad u_{ij} = 1$$

ამ აღნიშვნების შეტანით (1)-ში, ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$v_{ij} = v_{11} = \int_0^t \Pi(t, \tau) d\tau_{11}(\tau) + u_{ij} \int_0^t \Pi_2(t, \tau) \frac{d\tau_{11}(\tau)}{3} \quad (2)$$

$$\Pi_2(t, \tau) = \frac{1}{3} \Pi_1(t, \tau) - \Pi(t, \tau)$$

სადაც:

(3)

ავლნიშნით:  $\Pi(t, \tau) + \frac{1}{3} \Pi_2(t, \tau) = \Pi(t, \tau)$

(4)

(4)-ის შეტანით (2)-ში მივიღებთ, რომ მარტივი კუმშვა-გაჭიმვის დროს

$$v_{11} = \int_0^t \Pi_p(t, \tau) \cdot d\tau_{11}(\tau) \quad (5)$$

სადაც:  $\Pi_p$  – კუმშვა-გაჭიმვის ბირთვია.

$\Pi_p$  –ის განსაზღვრისათვის გამოიყენება ცოცვადობის ცდები ნიმუშების გაჭიმვისას ან კუმშვისას. ცოცვადობის ცდაში მყისიერად მოედება და შენარჩუნდება მუდმივად ძაბვა  $\sigma_{II}$  ე.ი. დაისახება

$$\tau_{11}(t) = \tau_{11}^0 \cdot h(t - t_0) \quad (6)$$

სადაც:  $h(t)$  ჰვეისაიდის ერთეულოვანი ფუნქციაა, რომელიც განისაზღვრება როგორც ინტეგრალი  $\delta$  ფუნქციიდან (დირაკის ფუნქცია):

$$h(t - t_0) = \int_{t_0}^t u(\tau) \cdot d\tau$$

$$h(t - t_0) \begin{cases} = 1 \text{ როცა } t > t_0; \\ = 0 \text{ როცა } t < t_0 \end{cases}$$

ე.ი.

$$\frac{dh(x)}{dx} = u(x)$$

დირაკის ფუნქცია  $\delta$  არის ჰვეისაიდის ფუნქციის წარმოებული პრაქტიკაში სარგებლობენ  $\delta$  ფუნქციის განსაზღვრით:

$$u(t) \begin{cases} = 0 \text{ როცა } t \neq 0; \\ = \infty \text{ როცა } t = 0 \end{cases} \quad \int_{-v}^v u(t) dt = 1$$

$\varepsilon > 0$  –ს თვის

და  $\delta$  ფუნქციის თვისებით უწყვეტი  $f(x)$  –თვის

$$\int_a^b f(t) u(t, \tau) \begin{cases} = f(t) \text{ როცა } b > t > a; \\ = 0 \text{ როცა } t > b; t < a \end{cases}$$

ცოცვადობაზე ცდებში ძაბვის  $\tau_{11} = \tau_{11}^0 h(t - t_0)$  მოქმედების დროს  $t_0$  ასაკის ნიმუშისათვის ვპოულობთ კუმშვა-გაჭიმვის ცოცვადობის ბირთვის

$$\Pi_p(t, t_0) = \frac{v_{11}(t)}{\tau_{11}^0} \quad (7)$$

მასალათა ძვრის ცოცვადობის ბირთვების განსაზღვრისათვის ვიყენებთ ცილინდრული ნიმუშების გრეხაზე გამოცდებს. გრეხის დროს გვაქვს:

$$v_{12} \neq 0 \quad (v_{ij})_{ij \neq 12} = 0 \quad \tau_{12} \neq 0 \quad \tau = 0 \quad \tau_{ij} \neq 0$$

-

«

»

$a$  - რადიუსის და საანგარიშო სიგრძის ცინინდრული ნიმუშის გრესაზე ცოცვადობის ცდებში - მუდმივი მომენტის  $0$ -ის მოქმედებისას დეფორმაცია  $\varepsilon_{12}$ ,  $r$  მანძილზე ცილინდრის ღერძიდან დაკავშირებულია ნიმუშის გრესის კუთხესა და საანგარიშო სიგრძესთან:

$$\frac{x}{2} = v_{12}(r, t) = \frac{r \cdot \ddot{\varphi}(t)}{2} \quad (8)$$

სადაც:  $\tau = \varphi'$ ,  $\gamma$  - ძერის კუთხე,  $\varphi$  - გრესის კუთხე,  $r$  - ნიმუშის რადიუსი,  $0 \leq r \leq a$ , სიგრძე. მაშასადამე ძერის დროს ძაბვა  $\sigma_{12}$  - დამოკიდებულია  $r$  და  $t$ -ზე. (8)-დან გვაქვს:

$$v_{12} \equiv \frac{r}{2} \cdot \ddot{\varphi} = \int_0^t \Pi(t, \zeta) \frac{\partial \ddot{\varphi}_{12}(r, \zeta)}{\partial \zeta} d\zeta \quad (9)$$

მომენტის განსაზღვრის გათვალისწინებით:

$$M(r) = \int_0^a \ddot{\varphi}_{12} \cdot 2f \cdot r^3 \cdot dr$$

$$\frac{1}{2} \ddot{\varphi} \cdot I_p = \int_0^t \Pi(t, \zeta) dM(\zeta)$$

(9)-დან ვპოულობთ

და ცოცვადობისათვის  $M = M_0 \cdot h(t - t_0)$  მომენტის მოქმედებისას განვსაზღვრავთ ძერის ცოცვადობის ბირთვის:

$$\Pi(t, t_0) = \frac{I_p \cdot \ddot{\varphi}(t)}{2 M_0} \quad (10)$$

ვიღებთ მხედველობაში, რომ  $\varepsilon_{12} = (r \cdot \tau) / 2$ ;  $\sigma_{12}^0 = (r \cdot M_0) / I_p$  და ამ მნიშვნელობების (10)-ში შეტანით ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$\Pi(t, t_0) = \frac{v(t)}{\ddot{\varphi}_{12}^0} \quad (11)$$

შევნიშნავთ, რომ  $(\sigma_{12}^0)_{\max} = (M_0 \cdot a) / I_p$   $0 \leq r \leq a$

მოცულობითი ცოცვადობის ბირთვები (ფუნქციები), რომლებიც შედის ფორმულაში (1) განისაზღვრება უშუალოდ ნებისმიერი ფორმის ნიმუშის ცოცვადობაზე ცდებით დაწვევით კამერაში. მოცულობით-კუმშვის (გაჭიმვის) დროს გვაქვს:

$$\begin{aligned} (\ddot{\varphi}_{11}, \ddot{\varphi}_{22}, \ddot{\varphi}_{33}) \neq 0 \quad (v_{11}, v_{22}, v_{33}) \neq 0 \\ \ddot{\varphi} = \frac{\ddot{\varphi}_{11} + \ddot{\varphi}_{22} + \ddot{\varphi}_{33}}{3} \quad v = \frac{v_{11} + v_{22} + v_{33}}{3} \quad u_{ij} \neq 0 \end{aligned}$$

ამ აღნიშვნების შეატნით (1)-ში მივიღებთ:

$$Q(t) = 3v(t) = \int_0^t \Pi_1(t, \zeta) d\ddot{\varphi}(\zeta) \quad (12)$$

მოცულობითი ცოცვადობის ცდაში კამერაში მყისიერად იქმნება წნევა  $P_0 = -\sigma_0$ , რომელიც დროში მუდმივად არის შენარჩუნებული და იზომება დეფორმაციები, ე.ი. დასახულია

$$\ddot{\varphi}(t) = \ddot{\varphi}_0 \cdot h(t - t_0) \quad (13)$$

მოიძებნება ფუნქცია

$$3v \equiv Q(t) = \ddot{\varphi}_0 \cdot \Pi_1(t, t_0) \cdot h(t - t_0) \quad (14)$$

მოცულობითი ცოცვადობის ბირთვის ვპოულობთ:

$$\Pi_1(t, t_0) = \frac{3v(t)}{\ddot{\varphi}_0} \quad (15)$$

ფორმულიდან (3) და (4) ვსაზღვრავთ ძერის, კუმშვა-გაჭიმვისა და მოცულობითი ცოცვადობის ბირთვებს შორის კავშირს:

-

«

»

$$\left. \begin{aligned} \Pi_p &= \frac{2}{3} \Pi + \frac{1}{9} \Pi_1 \\ \Pi_1 &= 9 \Pi_p - 6 \Pi \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

(2) და (3)-დან ვპოულობთ რომ მარტივი კუმშვა-გაჭიმვის დროს განივი დეფორმაციები  $\epsilon_{22}(t)$

$$v_{22}(t) = \int_0^t \Pi_p^1(t, <) dt = \int_0^t [\Pi_p(t, <) dt_{11} - \Pi(t, <) dt_{11}] dt (v) \quad (17)$$

პუასონის კოეფიციენტის განსაზღვრისას:

$$-\epsilon = \frac{v_{22}(t)}{v_{11}(t)} = \frac{\Pi_p(t, t_0) - \Pi(t, t_0)}{\Pi_p(t, t_0)}$$

$$\epsilon = \frac{\Pi(t, t_0)}{\Pi_p(t, t_0)} - 1 \quad (18)$$

მივიღებთ, რომ

მყისი დატვირთვისას, როცა  $t \rightarrow t_0$

$$\epsilon_0 = \frac{\Pi(t, t_0)}{\Pi_p(t, t_0)} - 1 = \frac{1/2 \cdot G_0}{E} - 1 \quad (19)$$

$$2G = \frac{E}{1 + \epsilon}$$

(19)-დან გამომდინარეობს:

სადაც: - ძვრის მოდულია, - დრეკადობის მოდული თუ თითოეული ასაკის  $t_0$  და  $t-t_0$  დროს  $v=v_0=const$ , მაშინ კავშირი ცოცვადობის ბირთვებს  $\Pi$  და  $\Pi_p$  შორის გამოსახება ფორმულით:

$$\Pi = (1 + \epsilon_0) \cdot \Pi_p \quad (21)$$

(21) შეტანით (16)-ში მივიღებთ:  $\Pi_1 = 3(1 + 2\epsilon_0) \cdot \Pi_p \quad (22)$

მყისი დატვირთვისას, როცა  $t \rightarrow t_0$  (22) მიიღებს სახეს:  $\Pi_1 = 3(1 + 2\epsilon_0) \cdot \frac{1}{E_0} = \frac{1}{k_0} \quad (23)$

(23)-დან  $k_0 = E_0/3(1+2\epsilon_0) \quad (24)$

სადაც:  $k_0$  - მოცულობითი კუმშვის კოეფიციენტი.

### 3. დასკვნა

გამოკვლევით დადგენილია ცემენტის ფუძიანი კომპოზიტების ძაბვებსა და დეფორმაციებს შორის კავშირის აღმწერი უნივერსალური გამოსახულება. მოცემულია ბეტონების სხვადასხვა (ძვრის, კუმშვა-გაჭიმვისა და მოცულობითი) ცოცვადობის ბირთვების გამოსახულებები. განსაზღვრულია სხვადასხვა ცოცვადობის ბირთვების გამოსახულებებს შორის კავშირის აღმწერი თანაფარდობები; დამუშავებულია პუასონის კოეფიციენტის, დრეკადობის მოდულისა, მოცულობითი კუმშვის კოეფიციენტის განსაზღვრის გამოსახულებები და მათ შორის კავშირის თანაფარდობები.

### ლიტერატურა

1. . . . . 28
- 1986 3 440-445
2. . . . . 2- , . 1973 432
3. . . . . , 1999 49
4. . . . . 25544-81 . 1981 21-32

ვანტური ხიდის სიხისტის კოჭის ბაანბარიშება ვანტის  
ღამყოლოვის გათვალისწინებით

მ. ჯანტურია, ნ. ხომერიკი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 68, 0175 თბილისი,  
საქართველო)

**რეზიუმე:** ნაშრომში მოცემულია მრავალმალიანი ვანტური ხიდის გაანგარიშების მეთოდოლოგია. თანამედროვე ხიდების სახეობანი მეტად მრავალფეროვანია. მათი კლასიფიკაცია შეიძლება სხვადასხვა თვალსაზრისით მოხდეს. ვანტური ხიდების მნიშვნელოვან ნათვისებურებას წარმოადგენს მათი კონსტრუქციული ფორმების მრავალფეროვნება. ვანტური ხიდი, როგორც არქიტექტურული ანსამბლის დომინანტური ელემენტი, გაზრდილ მოთხოვნებს უყენებს არქიტექტორებს და ინჟინერ-კონსტრუქტორებს, რის შედეგადაც ვანტური ხიდები, სხვა სისტემის ხიდებთან შედარებით, გამოირჩევა კონსტრუქციული მრავალფეროვნებით.

**საკვანძოსიტყვები:** ვანტები, მღუნავი მოძენტი, უჭრი კოჭი, ცოცვადობის მახასიათებელი, ვანტის დამყოლობა, ეპიურა.

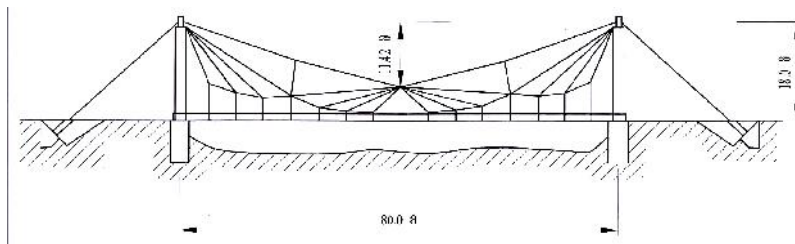
1. შესავალი

სატრანსპორტო კომუნიკაციები, მათ შორის ხიდები, ბევრად განსაზღვრავენ სახელმწიფოს კეთილდღეობას და მისი განვითარების პერსპექტივებს.

ავტოტრანსპორტით შესრულებული გადაზიდვები, განსაკუთრებით მოკლე მანძილებზე, სახელმწიფოსთვის მნიშვნელოვანი მოგების მომტანია. ამის გამო მთელ მსოფლიოში დიდი ყურადღება ექცევა საავტომობილო გზების მშენებლობას და ქალაქების საკომუნიკაციო ქსელის განვითარებას. ავტოსაგზაო მშენებლობაში მეტად მნიშვნელოვანია ხიდებისა და სხვა საგზაო გადაკვეთების, საგზაო ინფრასტრუქტურის ყველაზე ძვირადღირებული ობიექტების როლი. მათ უნდა უზრუნველყონ შეუფერხებელი და უსაფრთხო მოძრაობა გზებზე.

2. ძირითადი ნაწილი

თანამედროვე ხიდების სახეობანი მეტად მრავალფეროვანია. მათი კლასიფიკაცია შეიძლება სხვადასხვა თვალსაზრისით მოხდეს. დანიშნულების მიხედვით ძირითად სახეობას რკინიგზის და ავტოსაგზაო ხიდები წარმოადგენს. თანამედროვე ტიპის ვანტური სისტემების განვითარება დაკავშირებულია მავთულიანი ბაგირების წარმოების მასიურ ხასიათთან, რაც შესაძლებელი გახდა ფოლადის მეტალურგიის განვითარებასთან ერთად. მე-19 ს-ის პირველ ნახევარში და განსაკუთრებით მე-19 - მე-20 ს.ს.-ის მიჯნაზე ევროპასა და ამერიკაში აიგო მრავალი ინჟინრული და არქიტექტურული თვალსაზრისით შესანიშნავი ვანტური სისტემის ხიდი. საქართველოში თანამედროვე სისტემის ვანტური ხიდია (სიხისტის კოჭის გარეშე) პროფ. ეკრილცოვის პროექტით 1928 წელს აშენებული ცნობილი ხიდი მდ. მაგანაზე.

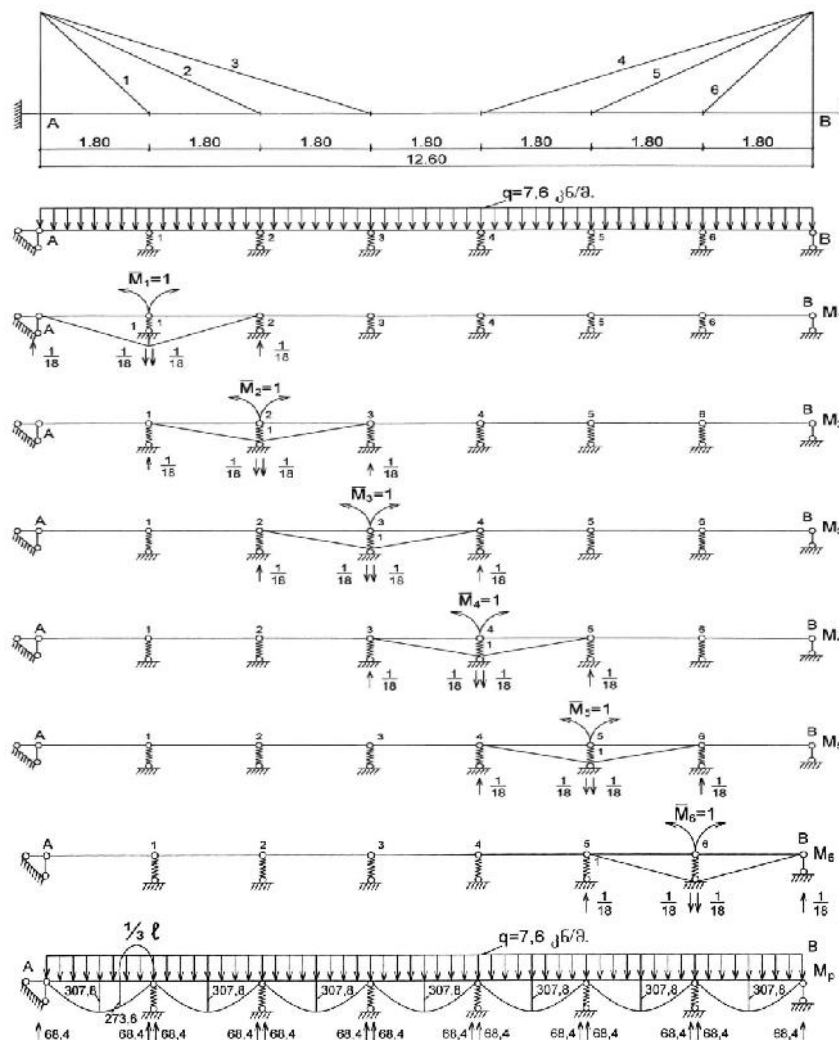


ნახ.1.ხიდი მდ. მაგანაზე.



ვანტური ხიდების მნიშვნელოვან თავისებურებას წარმოადგენს მათი კონსტრუქციული ფორმების მრავალფეროვნება [2]. ვანტური ხიდი, როგორც არქიტექტურული ანსამბლის დომინანტური ელემენტი, გაზრდილ მოთხოვნებს უყენებს არქიტექტორებს და ინჟინერ-კონსტრუქტორებს, რის შედეგადაც ვანტური ხიდები, სხვა სისტემის ხიდებთან შედარებით, გამოირჩევა კონსტრუქციული მრავალფეროვნებით. ეს ეხება როგორც ვანტების სისტემას და მალის ნაშენის კონსტრუქციას, ისე ხიდის პილონებს. მიუხედავად ვანტური ხიდების პილონების კონსტრუქციული მრავალფეროვნებისა ისინი შეიძლება დაჯგუფდეს ორ ძირითად ტიპად: ხისტი და მოქნილი.

ყოველი შუალედური საყრდენის სიხისტე განისაზღვრება შესაბამისი ვანტის დეფორმაციულობით, დახრის კუთხით და პილონის თარაზული გადაადგილებით ვანტის ჩამაგრების დონეზე.



ნახ. 2. შვიდმალიანი ვანტური ხიდის საანგარიშო სქემა

-

«

»

ვანტური ხიდების გაანგარიშება სტატიკურ და დინამიკურ დატვირთვებზე დაკავშირებულია მთელ რიგ მათემატიკურ სირთულეებთან. ამის გამოსაკითხის გასამარტივებლად გაანგარიშების არსებული მეთოდები იყენებენ სხვადასხვა დაშვებებს. მათ შორის ძირითადი შემდეგია:

- ვანტურ ხიდის სიხისტის კოჭს წარმოვიდგენთ როგორც მრავალმალიამ უჭრ კოჭს დრეკად საყრდენებზე;
- ვანტები რხევის პროცესში რჩება გაჭიმული, ანუ განიხილება სისტემის მცირე გადაადგილებები, რომელთა დროს ვანტი არ გამოდის მუშაობის მდგომარეობიდან;
- ვანტის მასა სავალი ნაწილისა და სიხისტის კოჭის მასასთან შედარებით უგულვებყოფილია;
- კოჭის სიხისტე და მალის ნაშენის გრძივი მეტრის წონა ხიდის მთელ სიგრძეზე მუდმივი სიდიდეა;
- შუალედბურჯებზე პილონის დაყენების ადგილას სიხისტის კოჭი არ ითვისებს მღუნავ მომენტებს;
- რხევების მიღების გავლენა და პილონების ინერციისთ არაზღვრილი ძალები უგულვებელყოფილია.

ამ დაშვების საფუძველზე საანგარიშო სქემა წარმოადგენს ბოლოებზე სახსრულად დაყრდნობილ და ვანტების მიმაგრების ადგილებში დრეკადი შუალედური საყრდენების მქონე კოჭს,  $l$  მალით [1]. გაანგარიშებულია შვიდმალიანი ვანტური ხიდის სიხისტის კოჭი ვანტის დამყოლობის გათვალისწინებით. ხიდი აშენდა 1995-97 წლებში ბორჯომში არსებული სამშენებლო მასალებით. იმ პერიოდში მისი სტატიკუტი ან დინამიკური გაანგარიშება არ მომხდარა. მისი აგება მიმდინარეობდა დიდი ქართველი მეცნიერის, ხიდების უბადლო სპეციალისტის პროფესორ გივი კიზირიას კონსულტაციით. ნაშრომში პირველად იქნა დამუშავებული მეთოდიკით ამ ხიდის სტატიკური გაანგარიშება. ამიტომაც დატვირთვები და სამშენებლო მასალების მახასიათებელი სიდიდეები აღებულ იქნა უკვე არსებული ხიდის მიხედვით.

ყოველი შუალედური საყრდენის სიხისტე განისაზღვრება შესაბამისი ვანტის დეფორმაციულობით, დახრის კუთხით და პილონის თარაზული გადაადგილებით ვანტის ჩამაგრების დონეზე.

გაანგარიშების გამარტივების მიზნით, კონსტრუქციული მოსაზრებებიდან და მღუნავი მომენტების რაციონალური განაწილების პირობიდან გამომდინარე პანელების სიგრძე ერთნაირი ინიშნება, დრეკადი საყრდენების სიხისტეებს შორის სხვაობა მცირეა და საკმაოდ კანონზომიერად მცირდება მალის შუისკენ.

კანონიკური განტოლება ამ შემთხვევაში იქნება ხუთწევრიანი, რადგან  $M_i$  მომენტისაგან გამოწვეული გადაადგილება ვრცელდება ორ მალზე მარჯვნივ  $i$ -დან და ერთ მალზე მარცხნივ  $i$ -დან, ე.ი. ჩვენს შემთხვევაში იქნება:

$$\begin{cases} M_1 u_{11} + M_2 u_{12} + M_3 u_{13} + \Delta_{1P} = 0 \\ M_1 u_{21} + M_2 u_{22} + M_3 u_{23} + M_4 u_{24} + \Delta_{2P} = 0 \\ M_1 u_{31} + M_2 u_{32} + M_3 u_{33} + M_4 u_{34} + M_5 u_{35} + \Delta_{3P} = 0 \\ M_2 u_{42} + M_3 u_{43} + M_4 u_{44} + M_5 u_{45} + M_6 u_{46} + \Delta_{4P} = 0 \\ M_3 u_{53} + M_4 u_{54} + M_5 u_{55} + M_6 u_{56} + \Delta_{5P} = 0 \\ M_4 u_{64} + M_5 u_{65} + M_6 u_{66} + \Delta_{6P} = 0 \end{cases}$$

სადაც გადაადგილებები გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$u_{nk} = \sum \int \frac{M_n M_k dS}{EI} + \sum C_m R_{mn} R_{mk} ,$$
$$\Delta_{np} = \sum \int \frac{M_n M_p dS}{EI} + \sum C_m R_{mn} R_{mp} .$$

### 3. დასკვნა

1. უჭრი კოჭის გაანგარიშება შეიძლება დავიყვანოთ მარტივ, ორ საყრდენზე მდებარე კოჭის გაანგარიშებაზე, რომელზედაც მოქმედებს  $M_{n-1}$ ,  $M$  მომენტები და მოცემული  $q$  დატვირთვა. ეს დაშვება 0.93 საიმედოობით იძლევა ზუსტ შედეგს.
2. არსებული ხიდის სტატიკურმა გადაანგარიშებამ გვიჩვენა, რომ ხიდი მუშაობს დამაკმაყოფილებლად. სიმტკიცის და სიხისტის პირობაც დამაკმაყოფილებულია.

### ლიტერატურა

1. . . . ,  
.XIII  
. 3-6 1987 . 1987, . 54-56
2. მ. ჭანტურია. კომპლექსურ კონსტრუქციებში ცოცვადობის დეფორმაციების განვითარების პროგნოზირება. სამეცნიერო ტექნიკური კონფერენ. “მშენებლობა და XXI საუკ.” მოსხენებები თბილისი 2005წ. გვ. 291-295

**დახრილი უსკპრის მქონე სამთო ღრმა წყალსაცავში ღვარცოფის შემოდინების ორგანზომილებიანი (2D) რიცხვითი მოდელირება**  
**გ. ბერქნაშვილი<sup>1</sup> ს. ირემაშვილი<sup>1</sup> გ. ჯინჯისაშვილი<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. 77, თბილისი 0175, საქართველო

<sup>2</sup> ისრაელის ელექტროკორპორაცია, ნეტივ ჰაორის ქ. P.O.B 10, ჰაიფა 3100, ისრაელი  
**რეზიუმე:** განხილულია ორგანზომილებიანი (2D) პოტენციური მოძრაობის რიცხვითი ამონახსენი სასრულ-სხვაობითი, ოპერატორული, არაცხადი იტერაციული სახით და შემოთავაზებულია ღვარცოფის შემოდინების შედეგად წარმოშობილი ექსტრემალური ტალღების პროგნოზირების მეთოდიკა დახრილი უსკპრის მქონე ვიწრო და ღრმა სამთო წყალსაცავებისათვის.  
**საკვანძო სიტყვები:** წყალსაცავი, ღვარცოფი, ექსტრემალური ტალღა, რიცხვითი ამონახსენი, პოტენციური მოძრაობა.

**1. შუსავალი**

გარკვეულ შემთხვევებში საკმარისია განვიხილოთ ორ-განზომილებიანი (2D) სასაზღვრო ამოცანა მხოლოდ ვერტიკალურ Xoz სიბრტყეში. ასეთი დაშვებით მცირე ამპლიტუდიანი ტალღების (მატ) თეორიის საფუძველზე მიღებული განტოლებათა სისტემა შესაძლებელია გამოვიყენოთ ღრმა და ვიწრო ერთგვაროვანი სიგანის სამთო წყალსაცავებში ღვარცოფის შემოდინების მათემატიკური მოდელირებისათვის.

**2. ძირითადი ნაწილი**

პოტენციური მოძრაობის განტოლებებს (იმ დაშვებით, რომ ყველა ოპერატორი და საძიებელი  $\varphi = \varphi_{i,j,k}^n$  ფუნქცია განსაზღვრულია დისკრეტულ არეზე) ოპერატორული ფორმით აქვს შემდეგი სახე:

$$\begin{cases} -\bar{\nu} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} + (A\varphi - f) = 0, & z = 0 \\ A\varphi - f = 0, & z < 0 \end{cases} \quad (1)$$

მიღებული განტოლება შესაძლებელია ამოგხსნათ შერეული ორშირანი და თავისუფალ ზედაპირზე სამშირანი არაცხადი იტერაციული მეთოდით (პარამეტრით s), რომლის გარდაქმნით საბოლოოდ მივიღებთ:

$$\varphi^{s+1} = \varphi^s + \begin{cases} \frac{\bar{\sigma}}{\delta} (\bar{A}\varphi^{s,s+1} - f) & k = N_k \\ \frac{\bar{\sigma}}{\delta} (A\varphi^{s,s+1} - f) & 0 \leq k < N_k \end{cases}; n = 1, 2, \dots \quad (2)$$

სადაც  $0 < \sigma, \bar{\sigma} < 2$  და  $\tau > 0$  იტერაციული პარამეტრებია, სივრცითი და ღრმის მიხედვით და ოპერატორები მართკუთხა ფორმის არეზე განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$\begin{aligned} \bar{A} &= -\bar{\nu}E + \tau A \\ \bar{f} &= \tau f^n + \bar{\nu}(-2\varphi^{n-1} + \varphi^{n-2}) - (1 - 2\tau)r^{n-1} - \tau r^{n-2} \\ r &= A\varphi - f, \quad \delta = 2 \left( \frac{1}{\Delta_x^2} + \frac{1}{\Delta_y^2} + \frac{1}{\Delta_z^2} \right), \quad \bar{\nu} = \frac{2}{\Delta_z \Delta_t^2}, \quad \delta = \bar{\nu} + \tau \delta \\ A &= \sum_{\xi} A_{\xi}; \quad f = \sum_{\xi} f_{\xi} \end{aligned} \quad (3)$$

$$A_{\xi} \varphi = \begin{cases} \frac{2}{\Delta_{\xi}} \varphi_{\xi}, & m = 0 \\ \varphi_{\xi\xi}, & m \in (0, N_m); \\ -\frac{2}{\Delta_{\xi}} \varphi_{\xi}, & m = N_m \end{cases}; \quad f_{\xi} = \begin{cases} \frac{2}{\Delta_{\xi}} \bar{\nu}_{\xi}, & m = 0 \\ 0, & m \in (0, N_m) \\ \frac{2}{\Delta_{\xi}} \bar{\nu}_{\xi}, & m = N_m, \xi \neq z \\ 0, & m = N_m, \xi = z \end{cases} \quad (4)$$

$$\varphi_\xi = \frac{1}{\Delta_\xi}(\varphi_{m+1} - \varphi_m); \quad \varphi_\xi = \frac{1}{\Delta_\xi}(\varphi_m - \varphi_{m-1})$$

$$\varphi_{\xi\xi} = \frac{1}{\Delta_\xi^2}(\varphi_{m+1} - 2\varphi_m + \varphi_{m-1})$$

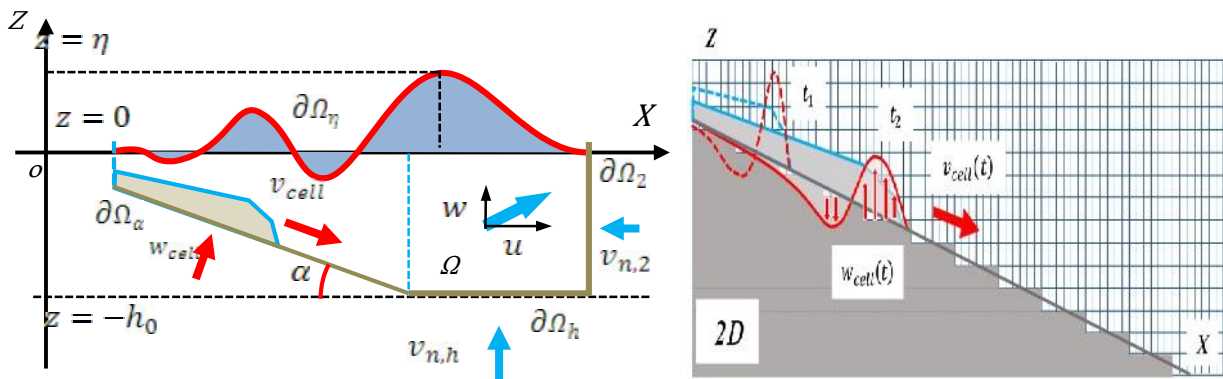
$$\xi = x, y, z; \quad \varphi_m = \varphi(\xi_m)$$

$$\xi_m = \xi_0 + m\Delta_\xi; \quad \xi_0 = \begin{cases} 0, & \xi = x, y \\ -h_0 - N_k * \Delta_\xi, & \xi = z \end{cases}$$

ქვემოთ განვიხილავთ თუ როგორ შეიძლება მართკუთხედის ფორმის არისათვის განსაზღვრული ჩვენს მიერ შემუშავებულ მეთოდის გამოყენება დახრილი ფსკერის მქონე რთულ არეზე.

ავიღოთ განზოგადებული მათემატიკური მოდელი, რომლის მიხედვით სქემატიზებულ წყალსაცავში საწყის ( $t = 0$ ) მომენტში წარმოიქმნება ტალღური პროცესი ფსკერზე შემკვრივებული  $v_{cell}(x, z, t)$  სისქის ღვარცოფის შემოდინებისა და მისი  $w_{cell}(x, z, t)$  სიჩქარით გავრცელების შედეგად.

ღვარცოფი ფსკერის გასწვრივ მოძრაობს  $t_{cell}$  დროის განმავლობაში. იგულისხმება, რომ სტრატოფიცირებული ნაკადის მთელ სიგრძეზე და ფრონტის წინ წყლის გამოდევნის შედეგად წარმოიქმნება  $B_{cell}$  სიგრძის "შეშფოთების ზონა", სადაც წყლის ნაწილაკების მოძრაობა უპირატესად მიმართულია ფსკერის ნორმალის გასწვრივ და თუ ადგილი აქვს ნაკადის სიმაღლის შემცირებას ფსკერის ნორმალის საწინააღმდეგოდ. შეშფოთების არეზე წყლის გამოდევნის სიჩქარე აღვნიშნოთ  $w_{cell}(x, z, t)$  სიდიდით.



ნახ. 1 დახრილი ფსკერის მქონე სამთო ვიწრო წყალსაცავში ღვარცოფული ნაკადის შემოდინების საანგარიშო სქემა და რიცხვითი ბადე სასრულ სხვაობითი მეთოდის (მართკუთხა აპროქსიმაცია) საფუძველზე.

ამოცანის გამარტივების მიზნით დავუშვათ, რომ ამ მოძრაობის სიჩქარე მთელ უბანზე თანაბარია, მუდმივი და შეშფოთების ზონა წარმოიქმნება მხოლოდ ღვარცოფის ფრონტის წინ. ამავდროულად ღვარცოფის მოძრაობასთან ერთად ხდება  $B_{cell}$  შეშფოთების ზონის გადაადგილებაც ფსკერის გასწვრივ  $0 < t \leq t_{cell}$  დროის განმავლობაში მუდმივი  $v_{cell}$  სიჩქარით. როდესაც  $t > t_{cell}$  ღვარცოფის მოძრაობა წყდება და  $w_{cell} = 0$ . ღვარცოფის  $S_{cell}$  გადაადგილების სიგრძე გამოითვლება შემდეგნაირად

$$S_{cell} = \begin{cases} v_{cell} \cdot t & t \leq t_{cell} \\ v_{cell} \cdot t_{cell} & t > t_{cell} \end{cases} \quad (5)$$

განვსაზღვროთ სიჩქარეების სიდიდე იმ მოსაზრებით რომ ღვარცოფის მიერ სრული მანძილის გავლის შედეგად გამოდევნილი წყლის მოცულობა უნდა ემთხვეოდეს თავად ღვარცოფის მოცულობას

$$w_{cell}(t) = \begin{cases} \frac{D_{cell} v_{cell}}{B_{cell}} & t \leq t_{cell}, (x,z) \in [S_{cell}, S_{cell} + B_{cell}] \\ 0 & t \leq t_{cell}, (x,z) \notin [S_{cell}, S_{cell} + B_{cell}] \\ 0 & t > t_{cell} \end{cases} \quad (6)$$

მიღებულ სასაზღვრო პირობაში იგულისხმება რომ წერტილი  $(x,z) \in \partial\Omega_\alpha$  და  $S_{cell}$  წირი განიხილება  $\partial\Omega_\alpha$ -ზე. გამოთვლები აჩვენებს რომ შემოფოთების ზონის სიდიდეზე მცირეა და ამოკიდებული წარმოქმნილი ტალღების ამპლიტუდა, ამიტომ შესაძლებელია ავიღოთ  $B_{cell} = D_{cell}$  და შესაბამისად  $w_{cell} = v_{cell}$ .

საანგარიშო ბადეზე ფსკერის დახრილობის აპროქსიმაცია ხდება იმ მოსაზრებით, რომ თუ ერთეული მართკუთხედის ფართობის დახრის წირით გაყოფის დროს ნახევარზე მეტი წილი რჩება არეს გარეთ, მაშინ ასეთი მართკუთხედი არ განიხილება საანგარიშოდ. შესაბამისად მივიღებთ საფეხურების ფორმის წირს, რომელზეც უნდა განისაზღვროს სასაზღვრო პირობები.

რიცხვით ამონახსენში ფსკერის საფეხური მიმართულია  $Ox$  ღერძის გასწვრივ, საზღვრის ნორმალი მიმართულია  $Oz$ -ის გასწვრივ და დახრის კუთხის გათვალისწინებით განტოლებაში შეგვეცვლება მხოლოდ თავისუფალი წევრები:

$$f_x = 0$$

$$f_z = \begin{cases} \frac{z}{\Delta_2} \bar{w} & \{i \in [0, N_{i1}] \quad k = k_1\} \\ 0 & \{i \in [0, N_{i1}] \quad k \in (k_1, N_k)\} \\ 0 & \{i \in (N_{i1}, N_i) \quad k \in [0, N_k]\} \end{cases} \quad (7)$$

$$\bar{w} = \frac{w_{cell}}{\cos \alpha}$$

შესაძლებელია დახრილი ფსკერის აპროქსიმაცია არა მართკუთხა ქიმების, არამედ ბლაგვი ქიმების საშუალებით, რაც გარკვეულად ართულებს ამოცანას. მოცემული მეთოდით შესაძლებელია რთული არეების შესაბამისად ზუსტი აპროქსიმაცია და თუ ბიჯი საკმარისად მცირეა იძლევა კარგ შედეგებს.

### 3. დასკვნა

წყალსაცავში ღვარცოფის შემოდინების შედეგად წარმოშობილი პირველი ექსტრემალური ტალღის პროგნოზირების განხილული მეთოდიკა საშუალებას იძლევა აღვწეროთ წყალსაცავში ექსტრემალური ტალღების მოძრაობის სრული პროცესი (ტალღების წარმოქმნა, კაშხლიდან არეკვლა, ინტერფერანცია და სხვა). გათვლების პროცედურა შედარებით სწრაფია და ეკონომიური, ხოლო შედეგები ზუსტი წყალსაცავის ფორმისა და საანგარიშო პარამეტრების ცვლილების ფართო დიაპაზონში.

### ლიტერატურა

1. Gvelesiani T., Jinjikhshvili G., Berdenashvili G., Stepania T., Aronia G. ON PREDICTION AND PREVENTION OF DEBRIS FLOW CATASTROFIC IMPACTS ON HYDRAULIC PROJECTS IN MOUNTAIN AREAS (Georgia, Israel). 5-th International Scientific and Technical Conference. Modern Problems of Water Management, Enviromental Protection, Architecture and Construction. 16-19 July, 2015. p49-54;
2. „...“ . Georgian Engineering News. Tbilisi. 4(8). 1998. p.61-64;
3. „...“, 1978;

სტატია შესრულებულია სახელმწიფო გრანტის უცხოეთში მოღვაწე თანამემამულეთა მონაწილეობით ერთობლივი კვლევებისათვის პროექტის №DI/14/3-109/14 „მთიან რაიონებში განლაგებულ ჰიდროგანბნებზე ღვარცოფების კატასტროფული ზემოქმედების პროგნოზირება და პრევენცია“ საანგარიშო პერიოდში გათვალისწინებული სამუშაოების ფარგლებში შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის დაფინანსებით.

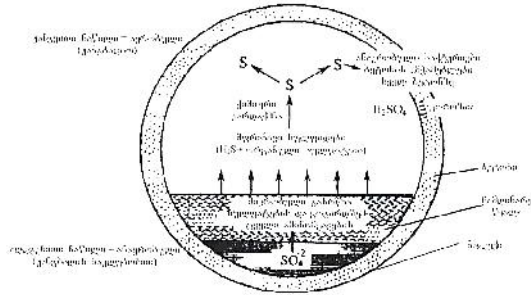
ახალი ტექნოლოგიები

ბეტონის ბიოლოგიური კოროზია

ბიოლოგიურ კოროზიას ადგილი აქვს ნაგებობაში ზოგიერთი ბაქტერიის ცხოველმყოფელობისას, რის შედეგადაც იქმნება მუაგები, რომლებიც შლიან ბეტონის სტრუქტურას.

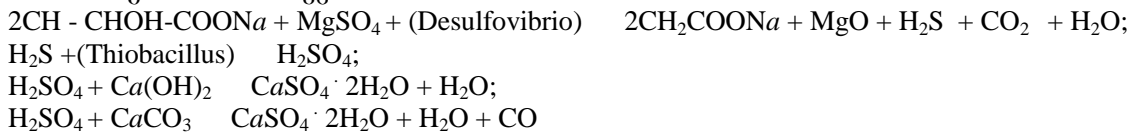
ბიოგენური გოგირდმუაგა კოროზია ცნობილია XX საუკუნიდან.

კოროზია ხდება საკანალიზაციო რკინაბეტონის მილებში გოგირდის ნაერთების დაჟანგვით Thiobacillus (ცნობილია 60-მდე სახეობა) ბაქტერიებით, გოგირდმუაგას მიღებით.



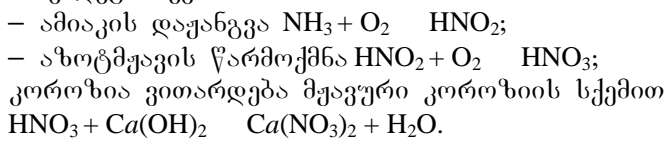
ბაქტერიებს არსებობა შეუძლიათ როცა ტემპერატურაა 10...37°C და pH=0,5...6. საკანალიზაციო სისტემებში გოგირდის აქროლადი H<sub>2</sub>S ნაერთი გამოქმნადება უქანგბადოდ, Desulfotomaculum და Desulfovibrio ბაქტერიებით, ჩამდინარე წყლებში არსებული სულფატებისაგან.

ნახ. 1. ბიოგენური გოგირდმუაგა კოროზიის სქემა



შემდეგში კოროზია ვითარდება III სახეობის კოროზიის სქემით. პორტლანდცემენტის ჰიდრატაციის ზოგიერთ პროდუქტთან სულფატების ურთიერთქმედების შედეგად, ფორიან გარემოში იქმნება კალციუმის მადალსულფატური ფორმის ჰიდროსულფოალუმინატის (ბუნებრივი მინერალის ეტრინგიტის 3CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·3CaSO<sub>4</sub>·31 H<sub>2</sub>O ანალოგი) ან თაბაშირის ქვის CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O ნაერთები, რომელთა მოცულობა ვაცილებით აღემატება რეაქციაში შესული ნივთიერებების მოცულობას, რაც იწვევს ბეტონის მნიშვნელოვან დაძაბულობას და დაშლას. (ეტრინგიტის მოლური მოცულობა 8-ჯერ აღემატება C<sub>3</sub>A მოლურ მოცულობას).

კოროზია მსხვერპლად არის ბიოლოგიური. მსხვერპლად ფარდობით ტენიანობა აღემატება 95%, ტემპერატურა კი არის დაახლოებით 25...30°C, რაც იდეალური პირობებია ბაქტერიების არსებობისათვის, რომელთა ცხოველმყოფელობას მიყვავართ აზოტის და გოგირდის მუაგების შექმნასთან. გამააზოტირებადი ბაქტერიები წარმოქმნიან აზოტის მუაგას შემდეგი სქემით:



გერმანელი მკვლევარების მონაცემებით 1მ<sup>3</sup> ბეტონში 40 კვირაში წარმოქმნება 16მლ აზოტმუაგა. ზღვის წყალში ბეტონის დაშლა შეიძლება გამოიწვიოს ნაგებობაზე ზღვის ცოცხალი ან მცენარეული ორგანიზმების შეზრდამ, რომელთა ცხოველმყოფელობას თან სდევს მუაგების გამოყოფა. პირველად ეს ფაქტი აღმოაჩინეს 1902-1903 წლებში.

ბიოკოროზიისაგან ყველაზე საიმედო დაცვაა მასალის შედგენილობაში ბიოციდური დანამატის შეყვანა, ზედაპირის დაფარვა ბიოციდური აფსკვარმოქმნელი მასალით ან გაკლენთვა ბიოციდური შედგენილობით.

პროფესორი ა. ჩიქოვანი

ბახსენება

## ზურაბ გელენიძე



ქართული საინჟინრო მეცნიერების თვალსაჩინო წარმომადგენელს, ნიჭიერებით, პროფესიონალიზმით და მაღალი ზნეობით გამორჩეულ პიროვნებას, ზურაბ გელენიძეს, 2015 წლის ზაფხულში, მისი საყვარელი ტექნიკური უნივერსიტეტის კედლებში, პროფესიული საქმიანობის შესრულების დროს (დისერტაციის ოპონირების მომენტში), გულმა საბოლოოდ უმტყუნა და ნაადრევად წავიდა ამ ქვეყნიდან. ის დააკლდა თავის საყვარელ ოჯახს, მეგობრებს, კოლეგებს, ქვეყანას. მისი დაკარგვა განსაკუთრებულად მწვავედ განიცადა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორ-მასწავლებლებმა და სტუდენტობამ. სწორედ ამ ფაკულტეტის დეკანი გახლდათ ბატონი ზურაბი გარდაცვალებამდე.

მისი პროფესიული ბიოგრაფია საკმაოდ შთამბეჭდავია.

პროფესორი ზურაბ გელენიძე დაიბადა 1943 წლის 10 აგვისტოს წყალტუბოს რაიონის ზოფელ ხომულში. 1961 წელს წარჩინებით დაამთავრა ქუთაისის ავტომექანიკური ტექნიკუმი, ხოლო 1967 წელს ასევე წარჩინებით დაამთავრა საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის სამშენებლო ფაკულტეტი, სამდინარო ნაგებობებისა და ჰიდროელექტრო სადგურების ჰიდროტექნიკური მშენებლობის სპეციალობით.

1969 წლიდან გარდაცვალებამდე მუშაობდა ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა კათედრაზე, სადაც გაიარა სამეცნიერო-პედაგოგიური მოღვაწეობი სყველა საფეხური. იყო ასისტენტი, დოცენტი, პროფესორი და კათედრის გამგე.

1974 წელს დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია. 1990 წელს ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად ბრწყინვალედ დაიცვა დისერტაცია. 1992 წელს მიენიჭა პროფესორის წოდება. 1985-1987 წლებში იყო ჰიდროტექნიკისა და სანტექნიკის ფაკულტეტის დეკანის მოადგილე, 1990-1999 წლებში ხელმძღვანელობდა ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა კათედრას. 2007 წლიდან გარდაცვალებამდე იყო სამშენებლო ფაკულტეტის დეკანი.

ბატონ ზურაბ გელენიძის მაღალკვალიფიკაციურ მეცნიერად, პედაგოგად და ინჟინრად ჩამოყალიბებაში დიდი წვლილი მიუძღვის ჰიდროინჟინერიის ცნობილ მეცნიერს, მის სამეცნიერო ხელმძღვანელს და კონსულტანტს პროფესორ ნიკოლოზ მოწონელიძეს, აგრეთვე გარსთა თეორიაში ცნობილ მეცნიერს პროფესორ მერაბ მიქელაძეს, რომელსაც ბატონი ზურაბი ყოველთვის მიიჩნევდა თავის მასწავლებლად. ბატონი ზურაბი მონაწილეობდა მრავალ რესპუბლიკურ და საერთაშორისო კონფერენციაში. ავტორია 110-მდე სამეცნიერო ნაშრომის, სახელმძღვანელოების, მეთოდური მითითებების და ოთხი მონოგრაფიის.

მის მიერ გამოქვეყნებულ მონოგრაფიებში განხილულია ახალი კონსტრუქციის თხელკედლიანი და თაღოვანი კაშხალების სიმტკიცეზე გაანგარიშების კომბინირებული მეთოდები, აგრეთვე მათი ოპტიმალური პარამეტრების შერჩევის საკითხები. თეორიული კვლევის შედეგები მიყვანილია რიცხვით რეალიზებამდე, რაც ადასტურებს ამ მეთოდების საიმედოობას და გამოყენების რეალურობას. განსაკუთრებით აღნიშვნის ღირსია სადოქტორო დისერტაციის შედეგებზე დაფუძნებული მონოგრაფია ”

” რომელიც მან 2001 წელს გამოსცა. იგი

ცალსახად ადასტურებს მის ნიჭიერებას, მეცნიერულ აღღოსა და ერუდიციას, დარგის ღრმა ცოდნას, მეცნიერული ანალიზისა და საიხლისაკენ სწრაფვის უნარს.

მის ნიჭიერებასა და მაღალ მეცნიერულ დონეზე მიგვანიშნებს ის ფაქტიც, რომ მან 2006-2015 წლებში საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს შოთა რუსთაველის სამეცნიერო ეროვნული ფონდის კონკურსში გამარჯვებით მოიპოვა 4 სამეცნიერო გრანტი.



-

«

»

ზურაბ გედენიძე გახლდათ დამად ერუდირებული პიროვნება, ნათელი გონების მეცნიერი, შესანიშნავი პედაგოგი. წლების განმავლობაში ნაყოფიერ სამეცნიერო-პედაგოგიურ მოღვაწეობას ბრწყინვალედ უთავსებდა პრაქტიკულ საინჟინრო საქმიანობას. რომლის დამადასტურებლად მოვიყვანო მის პროფესიული საქმიანობიდან შემდეგ მონაცემებს:

ისწლების განმავლობაში იყო საქართველოს ენერჯეტიკის სამინისტროს ექსპერტი, ს.ს. „ჰიდროენერჯეტიკის“ ტექნიკური დირექტორი, მდ. მოდულისწყალზე და ტბეთზე (აჭარა) ჰესების პროექტების ხელმძღვანელი, მდ. რიონზე ვარციხეჰესის, მდ. არაგვზე ჟინვალჰესის, მდ. ლაჯანურზე ლაჯანურჰესის, მდ. რიონზე (ქ. ფოთთან) წყალგამყოფი ჰიდროკვანძების რეაბილიტაციის პროექტის წამყვანი სპეციალისტი, ბახვიჰესის პროექტის მთავარი ინჟინერი, საქართველოს მდინარეებზე მცირე ჰესების ორმოცდაათამდე საინვესტიციო პროექტის ავტორი, ხაღორჰესის (ახმეტის რაიონი) სათავე კვანძის პროექტის მთავარი ინჟინერი, რუსთავეჰესის (ასპინძის რაიონი) პროექტის ჰიდროტექნიკური ნაწილის ავტორი, ჩირუხ-სანაღიაჰესის პროექტის, ბანკის ტიპის ტურბინების კონსტრუირების, ჰესის გაშვება-გასამართი სამუშაოების თანამონაწილე, ჰიდროტექნიკური მშენებლობის სხვადასხვა სამშენებლო ნორმის შედგენის თანამონაწილე, ექსპერტი.

ბატონი ზურაბი იყო აჭარის ავტონომიურ რესპუბლიკაში ჰიდროენერჯეტიკული პოტენციალის ათვისების გენერალური პროექტის თანაავტორი, ფოთის პორტის რეკონსტრუქციის პროექტის საექსპერტო კომისიის თავმჯდომარე. მან მაღალ დონეზე შეასრულა ნამახვანჯის თაღოვანი კაშხლის, ლაკებს მიწის კაშხლის, მინაძეჰესის კონტრფორსული კაშხლის, ბირკიანის მიწის კაშხლის სიმტკიცეზე და მდგრადობაზე გაანგარიშებები სეისმური ზემოქმედების გათვალისწინებით. ხულონჰესის მიწისქვეშა სადგურის გადახურვის სიმტკიცეზე ახალი მეთოდით გაანგარიშებისათვის მიიღო პრემია. გაანგარიშების ალგორითმი შეტანილი იქნა საინფორმაციო კატალოგში“ ალგორითმი და პროგრამა, მოსკოვი”. იყო სპი-ს ჰიდროტექნიკური ნაგებობების კათედრის საკონსტრუქტორო ბიუროს მთავარი კონსულტანტი, დურიფშის და აჟარის ჰესების ალდგენა-რეკონსტრუქციის პროექტების მთავარი ინჟინერი. დმანისისა და კახარეთის ჰესების ალდგენა-რეკონსტრუქციის პროექტებში მონაწილე, მრავალსახელშეკრულებო თემის ხელმძღვანელი ან პასუხისმგებელი შემსრულებელი. მდ. ცხენისწყლის ნაპირდამცავი ნაგებობების, გადასასვლელი ხიდის და 22მ. სიმაღლის მიწის კაშხლის ობიექტების მშენებლობაზე ტექნიკური ზედამხედველობის უფროსი.

სამშენებლო ფაკულტეტის დეკანად მუშაობის პერიოდში მუდამ ცდილობდა პროფესორ-მასწავლებლებსა და სტუდენტებს შორის საქმიანი და, ამავე დროს, გულწრფელი ურთიერთობების დამყარებას. პატივს სცემდა და უყვარდა ისინი.

ბატონ ზურაბს ჰქონდა შესანიშნავი იუმორი, იცოდა მტკიცე და უანგარო მეგობრობა. ჰყავს ბრწყინვალე მეუღლე, შვილები და შვილიშვილები. მას უდაოდ ღირსეული ავტორიტეტი ჰქონდა ტექნიკური უნივერსიტეტში კოლეგებსა და სტუდენტებს შორის, როგორც კარგ მეცნიერსა და კეთილშობილ პიროვნებას. მისი მეცნიერული შემოქმედება და ღირსეული ცხოვრების წესი არ დარჩენილა შეუმჩნეველი. დაჯილდოებული იყო ღირსების ორდენით. გარდა ამისა, გარდაცვალებიდან სულ მოკლე დროში, დეკანის ბატონ დავით გურგენიძის ინიციატივით და სამშენებლო ფაკულტეტის საბჭოს გადაწყვეტილებით, ფაკულტეტის ერთ-ერთ გამორჩეულ აუდიტორიას ზურაბ გედენიძის სახელი მიენიჭა.

პროფესორ ზურაბ გედენიძის თაოსნობით, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის რექტორის ბატონ არჩილ ფრანგიშვილის უდიდესი თანადგომით, სამშენებლო ფაკულტეტზე შეიქმნა საერთაშორისო დონის სასაწვლო-სამეცნიერო და საექსპერტო ლაბორატორია, რომელიც ტექნიკური უნივერსიტეტისათვის უდიდესი მონაპოვარია.

მადლიერი ახალგაზრდობა, პროფესორ-მასწავლებლები, მეგობრები, საყვარელი ოჯახი, მექანიკოსთა კავშირი, რომლის პრეზიდიუმის წევრიც იყო, არასდროს დაივიწყებენ ამ ქვეყნიდან ღირსეულად წასულ პიროვნებას, ბატონ ზურაბ გედენიძეს.

კოლეგებისა და მეგობრების სახელით:

პროფესორი ტარიელ კვიციანი  
პროფესორი არჩილ მოწონელიძე

## SUMMARIES

**Gigineishvili D. I., Matsaberidze T., Tkachenko T.N., Voloshkina E.S. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015. SOME FEATURES OF REINFORCEMENT DAMAGED BUNK RETAINING WALLS WITH TAKING INTO ACCOUNT BEHAVIOR OF SUBGRADE**

The article presents an analysis of errors made at design and erection of two-tier retaining walls. On the basis of the application of computer modeling, calculation and analysis of mode of deformation of structural systems, calculation of slope stability with taking into account of existing retaining walls, are made design solutions of reinforcement and recommendations for keeping and carrying out of complex structure existing retaining walls function without deformation, damage or without any other complications for a long period of operation. It is also recommended to apply a biological method for slope stabilization, based on the three-level transplanting of specialized plants.

**A. Phrangishvili, Z. Tsikhelashvili, I. Kadarua, N. Chkheidze, P. Giorgadze. ON-SHORE RECREATIONAL PROTECTION FLOATING-STORM WEAKENING WATERWORKS. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

Is developed a new form of floating protection storm weakening hydraulic structure's link complex option that is designed for the protection of coastal recreational waters and open ports from storm waves. According designed innovative project makes certain duty and viability coastal towns to the rehabilitation and spatial perspective construction in international destination open ports and coast and recreational zones. As well as the ecological and preventive recommendations for these objects (unimpeded functioning of drain in storm conditions, improvement of recreational- comfortable level of tourists and so on), which is especially relevant and timely today. In addition, in the first place, it is appropriate to coastal resort-recreational zone in adjacent of Batumi city Boulevard by selecting implementation of the pilot-test innovative project.

**Sh.Bakanidze, B. Surguladze, K. Iashvili. FAVORABLE TECHNOLOGICAL SOLUTION OF TRADITIONAL ANTI-LANDSLIDE RETAINING WALLS. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

Are considered several types of traditional anti-landslide retaining walls. Based on results of their structural analysis is carried out calculation of technical and economic characteristics. Is revealed favorable technological solution.

**M. Grdzlishvili, O. Giorgobiani, A. Kopaliani. USING AMBIENT AIR FOR HEAT OF BUILDINGS. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

In the article is considered the issue of replacement of operating on fossil fuel buildings heating, hot-water supply and air conditioning systems with air heat pump items. This installations as source of prime heat apply the ambient air of temperature within range of  $+10\div-20^{\circ}\text{C}$  and effectively heats the building with high indicators of safety and environmental characteristics.

The air heat pump is possible to be used in arbitrary volume buildings, their installation and service is easy.

The replacements of operating on natural gas heat generator by heat pump will improve the environment provides energy independence of consumers, while in areas where natural gas is not supplied will be excluded problem of consumer's supply by fire-wood or other fuel.

**L. Kakhiani, L. Balanchivadze, K. Iashvili. How to extend elements of reinforced concrete buildings built and operational terms bzarmedegoba. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

In the article are considered the results of scientific studies of extension of crack resistance and durability constructed from reinforced concrete structures. Their application methods and issues of safe operation of buildings.

**A. Lagidze The legislative framework of Preservation and development of planting and recreational landscapes of Tbilisi city. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

The article presents development process for urban construction of Tbilisi and Its recreational landscape If park Infrastructure Development. Given at present, the existing legal framework: A general character principles of the norm of the laws and their subordinate normative acts.

**R. Tskhvedadze, Z. Madzagua, D. Tabatadze, D. Jankarashvili. ANALYSIS OF BRIDGE-LIKE STRUCTURE WITH CONSIDERATION OF CONCRETE CREEP DEFORMATION. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

In the paper is presented the calculation of bridge-like reinforced concrete structures on action of uniformly distributed loadings with taking into account the concrete creep deformation. Is considered the simplest bridge-like structure with one intermediate pier. The consideration of creep deformation is carried out by creep aging theory, which better

describes the process in the reinforced concrete structures. At load of structure is not changed the time shape of building.

**M. Moistsrapishvili, L. Andguladze. IMPACT OF ENVIRONMENT ON RAIL TRANSPORT SAFETY TRAFFIC. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

In the article is considered the impact of environment on rail transport safe, smooth and continuous traffic, as one of the important factors, on that in Georgia does not attract enough attention. It is noted that due environmental impact railway departments activity is slowing down, stopping (rejection) in range up to 17% and in case of their neglecting is increasing probability of anthropogenic disaster, which is resulted in the majority of cases, in addition to considerable material damage would occur very large scale instant contamination of the environment. in the article are proposed measures to be implemented in railway transport enterprises structures.

**R. Imedadze, T. Magradze. PROBLEMS OF WATER RESERVOIR CONTAMINATION PROTECTION. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

By authors in the paper are considered the problems of water reservoirs and water recourses contamination protection. The authors take into account the experience of world leading countries and offer their opinions for this issue solution in Georgia.

The solution of these issues are very important for the country that contributes to the improvement of environmental problems as well as flora, fauna, and condemns all environmental improvement. The authors shows the ways of these issues solutions and proposes, what means should be used to obtain required funds: regional funding, central funding, financial inclusion of industrial enterprises and interested persons and others.

The authors focused on the idea of organizations taxing in case of reservoirs contamination, in that will be considered of the quantity of water discharged by enterprises into the water reservoirs and level of contamination. The authors also believe that should be defined the dirt water discharge place in waste reservoirs and be given permanent control of water pollution levels.

By authors in the article are shown in table form list of Georgia natural reservoirs, which is very important for keeping clean. For this will be considered offered by the authors proposals and conclusions.

**Kh. Iremashvili<sup>1</sup>, G. Berdzenashvili<sup>1</sup>, G. Jinjikhashvili<sup>2</sup>. ONE-DIMENSIONAL (1D) NUMERICAL MODELING OF CAUSED BY MUDFLOW IN HAVING COMPLEX TERRAIN WATER RESERVOIR WAVES ORIGINATION PROCESS. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

In the article is considered that a shallow water movement one-dimensional (1D) simultaneous equations finite-difference numerical solution methods and are proposed prediction of caused by mudflow extreme waves, taking into account the real terrain, for narrow shallow mountain reservoirs.

**I.Kvaraia, T.Dvalishvili, Sh.Kanchashvili. Simple Moving hubs concrete mold systems during construction. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

The article discusses the necessity of relaying nodes while designing complex reinforced concrete systems and provides some examples of their structural solutions.

**E. Abramidze, El. Abramidze, A. Kublashvili, V. Chankotadze. NUMERICAL SOLUTION OF LAYERED MEMBRANES DEFORMATION TASKS BASED ON DIFFERENT NONLINEAR THEORIES. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

At study of layered membranes nonlinear deformation tasks and their further numerical implementation are applied based on Kirchoff-Liave and polygonal hypotheses nonlinear theories. For numerical implementation of the mentioned tasks class, based on the above theories, are obtained nonlinear systems of layered shells non-linear deformation tasks decisive differential equations. Is stated particular example of layered membrane deformation. The numerical solution of this example, based on the above-mentioned theories is carried out due non-linear differential equations numerical realization. Based on the obtained numerical results and relevant analysis are made certain conclusions, also are studied the caused by influence of boundary conditions changing on shell's mode of deformation.

**G. Chokhonelidze, I. Mshvidobadze, G. Lutidze. DETERMINATION OF GROUND CONVENTIONAL RESISTANCE BY STRENGTH INDICATORS. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

At present, in construction norms SN 02.01.08 determination of  $R_0$  - ground conditional resistance is carried out by ratio of soil porosity and flow indicators. We are introducing this proposal, to determine the  $R_0$  by such direct characteristics of the soil strength, as: soil internal friction angle - and specific cohesion - C.

**T. Papuashvili, M. Sulamanidze. ASSESSMENT OF FATIGUE DURABILITY OF ASPHALT CONCRETE CARPETS IN REAL CONDITIONS OF OPERATION. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

In conditions of modern high-speed intense movement the asphalt carpet undergoes the vehicles multi-cycle impact that has the dynamic nature and is considered as one of major factor to reduce and damage of road carpets and transport-

operating state. It is known that asphalt damage under the influence of multiple loads is caused by fatigue processes, i.e. origination and accumulation of micro-defects, with gradually reducing the strength on time.

**R. Kakhidze, M. Vazagashvili. ALGORITHM FOR AMPLITUDE-FREQUENCY CHARACTERISTIC OF HETEROGENEOUS PRISMATIC STRUCTURES. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

Is stated the description of software complex structure for determination of dynamical characteristics of structurally inhomogeneous prismatic structures, modes of their behavior.

**N. Murgulia, B. Churchelauri, Z. Churchelauri. IMPACT OF HAVING VARIABLE DISCHARGE OF GROUND WATER ON EXISTING PRE-FABRICATED STRUCTURES. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

In the article are analyzed the revealed as result of observation of existing on territory of 31-th plant in Tbilisi main and located in the adjacent area two utility industrial buildings. Are determined the characteristics of materials of load bearing frame structure, grounded on that is compiled relevant register. Based on the analysis of research results are made recommendations and technical expertise conclusion.

**M. Chanturia, G. Nozadze. CALCULATION OF WORKING ON BENDING DEFORMATION COMPOSITE CROSS-SECTION STRUCTURES ON DURABLE DEFORMATIONS. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

In the paper is considered method of direct calculation of stresses with taking into account development of creep deformation. Due observations of world economic processes is clear that the construction industry is experiencing the most rapid progress. Especially is developed high-rise buildings, in that dominate the lightweight structures. In these types of buildings are often applied composite cross-section structures, in that are jointly working reinforced concrete and steel, having different characteristics reinforced concrete and so on. In composite cross-section structures the concrete creep limit is possible to vary in the range from -30% up to - 45%, corresponding possible deviations of  $k_x$  ratio from - 45% up to - +45%, and to possible deviations of  $k_x$  corresponds possible deviations of stresses from - 18 up to + 18%.

**N. Laghidze. Selective Socio-economic Research of the mountainous regions of East Georgia. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

The article presents purposeful organize expeditions in the mountainous regions of East Georgia, The expedition was conducted in June-August 2015. The main objective of the expedition: Functional planning connections of Regional Community of mountainous regions of East Georgia; Living conditions of the population; Road construction; Historic monuments; The hearth of the Cultural Heritage and Introducing and grades at the unique landscape, Ecosystems Biodiversity of the mountainous regions of East Georgia.

**Sh. Bakanidze, B. Surguladze, K. Iashvili. PROVIDING OF NATURAL SLOPES STABILITY WITH GROUND ANCHOR REINFORCED CONCRETE RETAINING WALLS. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

Are considered two variants of arrangement in providing the natural slopes stability in reinforced concrete retaining walls with ground anchors: in one-tier in the upper part of the retaining wall and in 2-tier, with anchors arrangement in the upper part of the wall as well as with their fixing in the foundation. Based on technical and economic calculations is revealed the favorable design solution.

**L. Balanchivadze, B. Mebagishvili. ANAKLIA - A NEW DIRECTION IN DESIGN OF ARRANGED ON WATER BUILDINGS. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

In the paper are considered features of construction of new building, including in water and water surface in Anaklia, Georgia, port area and coastline infrastructure projects. Is related with major priorities in construction activities and spatial planning: arrangement of inhabited and uninhabited areas, creation of preconditions for equal economic, infrastructure, social, environmental and cultural development. Also, the maintenance and development of recreational areas.

**E. Tsvetava. RESEARCH OF TEA MASS MOTION PROCESS. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

Tea leaf withering is complex biological process. For obtaining of final quality of the product the major determinants is presented by the quantity of tea rough and hardened fractions that leads to a reduction of capability of withering aggregate up to 20-30% and inequality increase of tealeaf withering. Therefore, the paper provides searching of such method for tea mass thermal treatment, when at intensification of the withering process is obtained uniformly withered tea mass. For solution of mentioned tasks are determined optimal parameters of tea mass motion and height of the layer and were conducted experiments on the tea average weight sample.

**B. Tsulukidze, M. Grdzlishvili, G. Zurabiani. SINGLE-DOME DEEP BEDDING UNDERGROUND STATIONS. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

In the article is stated that in construction of the Tbilisi city underground new line will be realized many innovations and advanced structural and technological solution. Is stated a system vision on tunneling system in science and technology development.

**T. Papuashvili, V. Jghamaia, G. Chubinidze. STRENGTHENING OF ROAD DRESS CONSTRUCTION WITH COLD RECYCLING METHOD. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

A given work includes the methodological measures, based on the cold recycling, for increasing the physical-mechanical features of design layers of the road dress construction.

The research describes the technological process of the cold recycling and the modern laboratory testing methods of used construction materials. To determine the optimal humidity and maximal density of recycled mix is used the newest laboratory equipment – “CBR Proctor“. In-parallel is reviewed the determination of compression ratio of strengthened by recycled mix pavement, by the means of “Balloon equipment“.

**G. Kiknadze, T. Tabatadze. PROPEDEUTICS ISSUES OF FRACTAL ARCHITECTURE. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

To understand the Fractal structure principle of the universe currently deeply is involved in many areas, including the formation of architect-construction object external view as well as in arrangement of its internal structure. The recognition of the importance of subconscious role with directed from the empirical to theoretical generalization vector – will be serve to the scientists turn toward to practice of all methodical training programs. These should be based on the principles of fractal architectural propedeutics.

**I.Kvaraia. Technological solutions to the problems arouse during groundwater enforcement. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

The article discusses technological solutions to the problems arouse during groundwater enforcement. The process is especially difficult after a certain part of the construction is already fulfilled, when the construction technology and project documentations are changed, and construction budget and deadlines increase.

**A.Akhvlediani, A. gogoladze, G. akhvlediani. Modern wind energy technology level. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

Wind Energy has made remark kableprogress in 2000-2015 years, specifically when electricity price eurocents / kWh decreased from 35.0 to 6.0 eurocent and specific investment euro/ kWh changed from 5000 to 1000, this allows us to conclude, that winden ergynow compete with traditional energy.

**A. Sakvarelidze. Cement based composites deformation and strain connection depicted, materials creep nucleus and amongst connection. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

Cement based composites deformation and strain connection depicted. Various materials creep nucleus (stress-tension, share and volume) and amongst connection formulas defined.

**M. Chanturia, N. Khomeriki. CABLE-BRACED BRIDGE STIFFNESS BEAM CALCULATION WITH TAKING INTO ACCOUNT COMPLIANCE OF CABLES. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

Let's give the main prerequisites for the formulation of essence of issue. Timbers due its precious properties are natural polymeric material. It is characterized by small volume mass (density), high relative strength, small heat expansion coefficient, small thermal conductivity ratio (400 times less in comparison with brick and reinforced concrete), resistance against chemical agents, good nailing, easy processing, production and transportation, unhamperedexploitation, possibilityof receiving of any size cross-section by small size elements due connecting through the glue and so on.

The tendency for keeping of new construction qualities and reducing of the negative characteristics impact of the tendency is one of the main directions of modern construction. Besides, related to nature protection and requirements of environmental improvement very sharply posed the question of timber economically application. Responds to solving these problems is in scientific circles to create the rational buildings structures, in which will be effectively utilized timber. For such structures are belonging glued wood, composition and reinforced wooden structures.

Composition and reinforced wooden structures are still less investigated, but on the basis of research has been conducted on is defined that they can play great roleby point of view to develop the rational, high-effective and economic structures.

**C. Berdzenashvili<sup>1</sup>, Kh. Iremashvili<sup>1</sup>, G. Jinjhashvili<sup>2</sup>. TWO-DIMENSIONAL (2D) NUMERICAL MODELING OF MUDFLOW IN HAVING INCLINED BOTTOM DEEP WATER RESERVOIR. Scientific-technical journal “BUILDING” #4(39), 2015.**

In the article is considered two-dimensional (2D) numerical solutions of potential movement by finite-difference, operator, implicit iterative form and is proposed method for forecasting resulting due mudflow extreme waves for having inlined bottom a narrow and deep mountain water reservoirs.